I. G. GUERÁSIMOV

la INVESTIGACION CIENTIFICA

COLECCION

el pensamiento

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. G. GUERÁSIMOV

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

(En qué trabajan y sobre qué discuten los filósofos)

UNIVERSIDAD DE VALENCIA
BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS
ECONOMICAS Y COMERCIALES

EDICIONES PUEBLOS UNIDOS

Traducido por
AUGUSTO VIDAL ROGET

Portada de
JORGE CARROZZINO

El impetuoso avance de la ciencia de nuestra época conduce indefectiblemente al estudio de la ciencia misma, de los procedimientos y formas de su organización, de los ritmos y particularidades de su desarrollo, de las leyes y de los métodos de la investigación científica. En el presente libro del candidato a doctor en ciencias filosóficas I. G. Guerásimov se analiza en especial la actividad cognoscitiva en la ciencia, los fines de esta actividad, sus tareas, su estructura y sus resultados. El autor examina la actividad cognoscitiva de los investigadores como parte de un complejo proceso de conocimiento científico, caracteriza el lugar de semejante actividad en la estructura de la ciencia y muestra en qué ésa se diferencia de los otros tipos de actividad cognoscitiva.

El libro va destinado a los lectores que se interesan por el análisis de la ciencia y de las investigaciones científicas, por la problemática actualmente unida bajo la denominación de "filosofía de la ciencia".

© EDICIONES PUEBLOS UNIDOS
IMPRESO EN LA ARGENTINA
PRINTED IN ARGENTINA

Este libro se terminó de imprimir
el día 26 de febrero de 1975
en la IMPRENTA DE LOS BUENOS AYRES, S. A.,
Rondeau 3274, Buenos Aires - Argentina.
La edición consta de 3.000 ejemplares.

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS,
ECONOMICAS Y COMERCIALES
BIBLIOTECA
Reg. de Entrada n.º 23921
Fecha: 3-3-76
Signatura 390

INTRODUCCIÓN

En la ciencia, todos los resultados se obtienen en virtud de acciones cognoscitivas. Cualesquiera que sean los logros científicos a que nos refiramos —descubrimientos empíricos, teóricos o lógicos, averiguación, estudio y formulación de una ley, elaboración de una teoría o de una hipótesis, determinadas soluciones constructivas, etc.—, en su base se encuentra siempre el complejo y minucioso trabajo de los investigadores. El objeto que en el presente trabajo vamos a examinar será precisamente la actividad cognoscitiva en la ciencia: los fines de esta actividad, sus tareas, su estructura y sus resultados.

En toda investigación científica desempeñan un papel esencial los fines y los problemas conscientemente formulados, la composición de las tareas y operaciones o acciones cognoscitivas, los métodos y medios de conocimiento, los resultados obtenidos. En la maestría para concatenar esos elementos componentes, planear y controlar el curso de la investigación científica se ponen de manifiesto, precisamente, la capacidad y la preparación del científico. Tanto en la elección de los fines como en la búsqueda de los métodos y medios para alcanzarlos, el científico ha de partir, quiera

o no, de los resultados a que hayan llegado las generaciones precedentes de investigadores. Ha de conocer necesariamente las exigencias que se presentan al trabajo de investigación científica y a sus resultados. Estas exigencias se han elaborado y comprendido en la historia de la ciencia; en ellas se ha acumulado un trabajo colosal, de muchas generaciones de científicos; en torno a ellas se ha sostenido y se sostiene una compleja lucha teórico-ideológica. El hacer caso omiso de esas exigencias o el tratarlas arbitrariamente, conduce a menudo a una dilapidación de fuerzas y de tiempo e incluso a serios fracasos. El desarrollo precedente señala el nivel al que se incorporan en la actividad investigadora las siguientes generaciones de científicos.

Las circunstancias indicadas cobran singular importancia en nuestros días. En el desarrollo de la ciencia contemporánea se producen grandes cambios: el carácter de los problemas, medios y métodos de conocimiento se hace más complejo: surgen procedimientos diversos de cooperación entre quienes cultivan ciencias diferentes, y también de intercambio de procedimientos y experiencias en el seno de los grupos de científicos; cambian los nexos de la ciencia con la producción y con otros sectores de la actividad social de las personas, aumenta con gran rapidez la cantidad de publicaciones científicas que exigen estudio y análisis, etc. Todo ello origina cambios esenciales en el carácter de la actividad cognoscitiva de los investigadores. Muchos problemas sólo pueden resolverse empleando métodos y medios de conocimien-

to sumamente diversos, con frecuencia nuevos, y poseyendo una vasta erudición. Resulta absolutamente necesario que el investigador controle con todo rigor sus acciones cognoscitivas, que los resultados obtenidos aplicando métodos diferentes de conocimiento concuerden, sobre todo en ciencias como la física, la química, la biología y la sociología. El hombre de ciencia no puede circunscribirse a su propia experiencia o a su intuición. En los casos aludidos, recurre por necesidad a la teoría del conocimiento, sobre todo a la parte que estudia especialmente la actividad cognoscitiva de los científicos: la metodología de la ciencia. De ahí que las investigaciones lógico-metodológicas se conviertan en una rama, cada vez más importante, de la división del trabajo en la ciencia.

Al mismo tiempo, los cambios en la actividad cognoscitiva de los científicos se convierten en una de las fuentes y en uno de los estímulos más importantes del progreso de la ciencia. Esos cambios van unidos, ante todo, a la elaboración de nuevos métodos y medios de conocimiento que transforman la ciencia. Son los propios científicos quienes descubren, elaboran y fundamentan esos métodos y medios, y en esto se revelan su preparación, sus dotes creativas y su maestría. Puede hablarse, indudablemente, de cierto grado de casualidad en los denominados descubrimientos empíricos. Pero los investigadores buscan, descubren y fundamentan los métodos y los medios de conocimiento con la mirada puesta en un determinado fin. El punto de partida de tales logros suele ser el estudio crítico de la propia actividad cognoscitiva, de los

métodos y medios utilizados en la investigación científica.

De semejante estudio depende en gran medida la prognosis del desarrollo de la ciencia, prognosis que se convierte en una condición cada vez más necesaria del progreso científico-técnico. Todavía no existe una teoría que permita prever con bastante rigor las perspectivas del desarrollo de la ciencia. Por este motivo tienen gran valor las prognosis basadas en los conocimientos, en la experiencia y en la intuición de los mismos investigadores.

Hoy en día, la profesión de investigador pasa a ser una profesión de tanta gente y tan necesaria como la de maestro o la de médico. El interés por ella arranca del interés de la sociedad por el progreso de la ciencia. Sobre la ciencia y el trabajo de los científicos existen no pocos prejuicios. Ora se les presenta con una aureola de "hacedores de prodigios" a quienes todo resulta comprensible y accesible, ora se les considera como intelectuales ocupados en inventar las reglas de un "juego especulativo" muy alejado de las preocupaciones de la gente... Los dos extremos tienen una misma base: el desconocimiento del trabajo, complejo y duro, de los investigadores. El estudio de la actividad cognoscitiva en la ciencia ayuda a superar esos prejuicios, a atraer la atención de los jóvenes de talento hacia la profesión de científicos. A la vez que aumenta la autoridad de la ciencia, cambia el papel del científico en la resolución de los problemas sociales. A él se recurre como experto en los problemas sociales más diversos y comple-

jos: sus conclusiones son muy a menudo necesarias y casi siempre alcanzan cierta resonancia social. ¿Quién es, empero, el científico? ¿Qué orientaciones morales forma en él la misma actividad de investigación y de qué manera esas orientaciones concuerdan con doctrinas y condiciones sociales? ¿Pueden los científicos evitar que los resultados científico-técnicos se utilicen con fines bélicos o para enriquecer a los monopolios? ¿De qué manera están unidos a la ciencia y a la investigación científica los ideales humanistas del socialismo? Al responder a estas preguntas no es posible hacer caso omiso de la concepción del mundo y de los principios morales de los científicos, ya que tanto aquélla como éstos inciden en gran manera en la apreciación de la personalidad del investigador. Mas semejante apreciación no puede hacerse al margen de las particularidades y del carácter de la actividad profesional del científico.

Finalmente aún hay que tener en cuenta otro aspecto de la cuestión: el aumento de la efectividad del trabajo de investigación científica. Es indudable que el aumento de la cantidad de los investigadores científicos repercute en el crecimiento de la efectividad de la ciencia. Pero ésta no es la única fuente del incremento de la eficacia del trabajo que realizan los grupos de científicos. Aún es más importante el perfeccionamiento de la preparación profesional de los científicos, la búsqueda de formas más flexibles de organización de su trabajo, formas de trabajo que facilitan la coordinación de esfuerzos y el desarrollo de la emu-

lación creadora en la ciencia. En la resolución tomada por el XXIV Congreso del P.C.U.S. se señala el siguiente e importante objetivo: "Es necesario elevar por todos los medios la efectividad del trabajo de los institutos, cátedras y laboratorios, procurar que en cada colectividad de científicos se forme un ambiente auténticamente creador, una atmósfera de discusiones fecundas, de recíprocas exigencias entre los científicos"(1). La resolución de estos problemas exige asimismo que se estudien las tendencias y las particularidades del desarrollo de la ciencia contemporánea, el carácter de la actividad cognoscitiva en la ciencia.

El punto de partida de semejante estudio ha de ser el análisis de las siguientes cuestiones: en primer lugar, de qué proceso, más complejo, forma parte la actividad de los investigadores; en segundo lugar, en qué se distingue de las otras especies de actividad cognoscitiva; en tercer lugar, qué dependencias se establecen entre ella y las otras partes componentes de la ciencia, así como en la misma investigación científica entre las tareas cognoscitivas, los métodos de su resolución y los otros elementos que la componen. Este análisis ayudará a superar insuficiencias en la planificación de los trabajos de investigación científica, en la elaboración de los criterios más eficaces para evaluar el trabajo de los científicos y en la preparación de personal científico. También facilitará el desarrollo de las investigaciones sobre metodología de la ciencia.

---

(1) "Materiales del XXIV Congreso del P.C.U.S.", Moscú, 1971, pág. 206.

El enfoque propuesto en el libro no sustituye ni rechaza otros enfoques que se exponen en otras obras. Tratamos de un objeto sumamente complejo; en este terreno, es necesaria la cooperación de muchos especialistas. No es fácil descubrir de una vez la fecundidad de un modo de abordar un problema: hacen falta nuevas investigaciones.

CAPÍTULO I

LA CIENCIA EN EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

1. Observaciones sobre el carácter y las consecuencias de la actual revolución científico - técnica

En el presente trabajo no es posible investigar especialmente el proceso de la actual revolución científico-técnica. Indicaremos tan sólo que la ciencia además de constituir una parte esencial de este proceso es también su premisa básica.

La primera revolución industrial consolidó la producción fabril. En sustitución de los instrumentos artesanales de trabajo anteriormente dominantes, se emplearon máquinas y sistemas de máquinas. Mientras que antes el hombre, que utilizaba instrumentos artesanales, era la fuente de la "energía motriz" y efectuaba todas las operaciones para cambiar el objeto del trabajo, con esa revolución quedó sustituido por las instalaciones técnicas. Las máquinas empezaron a cumplir las funciones que antes eran sólo propias del hombre y que ni siquiera se concebían sin él.

Eso significó un progreso inmenso, y no sólo

en el desarrollo de los medios de trabajo. La revolución industrial de los siglos XVIII-XIX condujo a profundos cambios en la organización, en el carácter y en las condiciones de trabajo, en la tecnología de la producción, en la preparación de la mano de obra y, en fin de cuentas, en todo el sistema de las relaciones mercantiles y monetarias. Surgió una estructura de clases sociales completamente nueva, se formaron el proletariado y las formas específicas de su lucha de clases organizada.

La primera revolución industrial estimuló el desarrollo de la ciencia. Los resultados de las investigaciones en física, mecánica, química, matemáticas y otras ciencias empezaron a utilizarse cada vez más ampliamente en la construcción y en el perfeccionamiento de las máquinas así como en la tecnología de los procesos de producción. Esa revolución presentó por primera vez, y consolidó, una función social completamente nueva de la ciencia, a la que convirtió, como indicó Marx, en una fuerza directamente productiva de la sociedad. "Al convertirse en maquinaria —escribió Marx—, los instrumentos de trabajo adquieren una modalidad material de existencia que exige la sustitución de la fuerza humana por las fuerzas de la naturaleza y de la rutina nacida de la experiencia por una aplicación consciente de las ciencias naturales"(1).

---

(1) C. *Marx*, "El Capital", t. I. C. *Marx* y F. *Engels*, "Obras", t. XXIII, pág. 396. (C. *Marx*, "El Capital", Fondo de Cultura Económica, México, 1968, t. I, pág. 315).

Sin embargo, durante largo tiempo siguieron desempeñando un gran papel la experiencia y los conocimientos recibidos por una extraordinaria masa de personas independientemente de la ciencia. Los hábitos, las capacidades personales y las fuerzas físicas del individuo continuaban siendo todavía un importante factor del proceso productivo. El desarrollo de la productividad del trabajo quedaba en gran medida limitado por las propiedades fisiológicas del hombre y por el carácter de la conexión de las máquinas en la formación del producto final. Cada máquina podía cumplir independientemente determinadas funciones en la elaboración de los objetos de trabajo. Todo ello dificultaba el desarrollo de los procesos técnicos continuos en la producción, el desarrollo de la producción en serie, de su exactitud y de su carácter rítmico.

La revolución científico-técnica de nuestra época lleva a cambios de principio en la producción material: se pasa del sistema de máquinas aisladas a la automatización de los procesos técnicos de la producción. Ya en nuestros días, automatizando algunos sectores de la producción, empiezan a crearse sistemas complejos automatizados.

No es fácil evaluar y prever actualmente todas las consecuencias sociales provocadas por la revolución científico-técnica. Difícil es planificar los descubrimientos científicos, pero todavía lo es más prever sus consecuencias sociales y científicas. Muchos descubrimientos llevan a situaciones y consecuencias sociales inesperadas. Bastará recordar dos descubrimientos de ese tipo: la creación

del arma atómica y la de las máquinas de calcular electrónicas (M.C.E.). A pesar de todo, es posible inferir algunas conclusiones acerca de las perspectivas y de las tendencias del progreso científico-técnico.

1) Los sistemas automáticos transforman por completo el carácter del trabajo de las personas en la producción de bienes materiales y en otras esferas de la vida social. El esfuerzo directo del hombre en el trabajo se sustituye por medios técnicos. Las funciones de mando y de control en los sistemas automáticos también se transfieren a las máquinas. El hombre observa el funcionamiento de tales sistemas. Ello requiere no sólo un alto grado de preparación profesional, sino, además, muchos conocimientos científico-técnicos. La producción automatizada conducirá, según parece, a nuevas formas de división del trabajo no sólo en la producción material, sino, además, en la sociedad toda. Así, en muchas esferas sociales disminuyen rápidamente las posibilidades de aplicar la experiencia y los conocimientos obtenidos al margen de estudios científicos. Cabe suponer que esta consecuencia de la revolución científico-técnica será la más compleja y dramática. Exigirá cambios de principio no ya en el carácter de las personas, sino, además, en el volumen de su preparación científica. Al hombre le será difícil incorporarse al trabajo socialmente útil sin asimilar, en una escala cada día mayor, diversos conocimientos científico-técnicos.

2) El progreso en la producción material y en otras esferas de la vida social se halla directa-

mente relacionado con la ciencia. La ciencia se convierte en un medio de numerosas y profundas transformaciones, en una fuente de potencia industrial y militar, en un "signo de prestigio nacional". y nada hay ahora con que pueda sustituirse.

Los planes de transformaciones técnico-económicas y sociales al margen e independientemente de la ciencia condenan sin remedio a la sociedad a quedar atrasada, conducen a una utilización improductiva del tiempo y de la energía de las personas.

Hoy en día, independientemente de la ciencia, sólo pueden crearse instrumentos de trabajo primitivos. La construcción, la creación y la utilización de maquinaria moderna se basan en conocimientos científicos, con la particularidad de que el volumen de los conocimientos con que se opera aumenta sin cesar, y el carácter de las operaciones que con ellos se realizan se hace cada vez más complejo. Cualquiera que sea la dirección del desarrollo técnico en que nos fijemos —la electrificación y la quimización de la economía nacional, la mecanización de los procesos de producción, la introducción de nuevos procesos tecnológicos progresivos y el establecimiento de nueva maquinaria en la producción—, veremos que en su base se encuentra un complejo de ciencias. La automatización y el empleo de sistemas de mando automático, por ejemplo, no son de ningún modo factibles sin la teoría de la información, sin la teoría de los sistemas, sin la cibernética, etc. Los éxitos colosales de la técnica de los cohetes van

unidos a investigaciones científicas y a importantes descubrimientos en radioelectrónica, en cibernética, en el estudio del cosmos, etc.

El potencial económico de los países industrialmente desarrollados se determina ahora, ante todo, por el volumen de las investigaciones científicas y por la eficacia con que se utilizan los resultados de la ciencia en las diversas esferas de la producción material. Esta es, precisamente, la razón de que el Programa del P.C.U.S. adoptado en el XXII Congreso, relacione de manera directa la creación de la base material y técnica del comunismo con el desarrollo de las investigaciones científicas en nuestro país. De los recursos técnicos con que se organice el trabajo depende el rendimiento de la producción por operario. El desarrollo de la técnica actual abre en este sentido grandes posibilidades. El aumento de la cantidad de maquinaria efectivamente utilizada eleva la parte de trabajo materializado y reduce la de trabajo vivo en la producción. Son especialmente importantes el descubrimiento y la utilización práctica de nuevas fuentes de energía, de una nueva tecnología de la producción. En la ciencia se basa la creación de las armas modernas de defensa y ataque. El potencial militar de cualquier país se halla directamente vinculado al desarrollo de la ciencia.

La revolución científico-técnica exige que la nueva técnica y la tecnología de la producción se introduzcan de manera planificada a nivel de toda la sociedad. La cuestión no está sólo en la necesidad de articular el trabajo de los sectores

automatizados de la producción con los procesos del trabajo en las máquinas. El progreso técnico tiene consecuencias sociales. Tomemos, por ejemplo, la redistribución de la mano de obra en el proceso social de la producción. El desarrollo económico-técnico permite liberar determinada cantidad de trabajadores en el sector de la producción material y emplearlos en otros sectores, ante todo en el de los servicios de tipo cultural y social. Este proceso se ha de dirigir y para ello hay que utilizar métodos científicos de planificación y prognosis de los cambios técnicos y sociales.

3) La revolución científico-técnica se produce tanto en los países capitalistas como en los socialistas. La diferencia de condiciones económico-sociales repercute de manera esencial en la actitud ante la ciencia, en la utilización práctica de los resultados científicos y técnicos.

En un régimen de propiedad privada y de propiedad monopolista de Estado, los intereses de los grupos sociales dominantes entran a menudo en contradicción radical con los métodos de la ciencia. De ahí que en lugar de un estudio profundo de los procesos económico-sociales que surgen a consecuencia de la revolución científico-técnica, se obligue a los científicos a buscar la manera de conservar los privilegios de clase. En el régimen capitalista, la utilización de la ciencia queda inevitablemente circunscrita a los límites en que tales privilegios no se ponen en duda.

Sabido es que la eficacia económica de la técnica no coincide siempre de manera inmediata con el progreso de las relaciones sociales ni, me-

nos aún, con los intereses del desarrollo social de los trabajadores. Los propietarios de los medios de producción no pueden abstraerse del interés en obtener beneficios. Todos los cambios técnicos, en el régimen capitalista, se evalúan ante todo desde este punto de vista. Semejante criterio también repercute, inevitablemente, en la manera de introducir los sistemas automatizados de producción. A los obreros se les considera sólo como un apéndice de tales sistemas; los otros aspectos poco interesan a los representantes del negocio capitalista. Por esto "la ciencia —subrayaba Marx— aparece como *fuerza ajena y hostil al trabajo*, como fuerza que impera sobre él..."(2). La ciencia se utiliza no sólo como fuente de progreso técnico, sino, además, como medio de presión sobre la mano de obra.

Tales obstáculos sociales para el desarrollo y la utilización práctica de la ciencia en el gobierno de diversos procesos sociales se eliminan en el régimen socialista. La sociedad socialista posee grandes ventajas en la planificación y prognosis de los cambios sociales; está en condiciones de evitar procesos no deseables e imprevistos, de obtener resultados planificados con un gasto mínimo de medios materiales, de trabajo humano y de tiempo.

En la sociedad socialista la función social de la ciencia cambia. No se dan en ella grupos sociales cuyos intereses sean incompatibles con la direc-

---

(2) "De la herencia manuscrita de C. Marx". "Kommunist", 1958, Nº 7, págs. 22-23.

ción científica de la sociedad. No es menos importante otra cosa: la ciencia deja de ser un medio de presión económica sobre la mano de obra, un medio de explotación; se convierte en una premisa necesaria del desarrollo social de las masas trabajadoras. Esto se traduce en las proporciones en que se difunden los conocimientos científicos, en la planificación y en la utilización de la nueva técnica, incluidas las líneas automáticas de producción. A la utilización capitalista de la mano de obra, opone el socialismo otro fin: el obrero debe elevarse hasta el nivel de los ingenieros y del personal técnico, ha de dominar los métodos científicos de trabajo. En ese fin se reflejan, sin duda alguna, los ideales humanistas del socialismo. Pero el fin mismo nace de una base más profunda: el socialismo abre nuevas fuentes, antes jamás vistas, de progreso social. No basta, sin embargo, tener conciencia de las particularidades y ventajas de la sociedad socialista; es necesario aprender a utilizarlas, a planificar y pronosticar el progreso social en las condiciones a que da origen la revolución científico-técnica. Por esto, precisamente, la sociedad socialista necesita que la ciencia se desarrolle, que se profundicen y se amplíen las investigaciones sociales. El cálculo y el estudio de las consecuencias sociales de las resoluciones que se tomen pasan a ser una premisa que tiene una importancia de principio para la dirección de la vida social. En este sentido, el socialismo posee grandes ventajas y posibilidades en comparación con el capitalismo. La sociedad socialista proporciona todas las condiciones para

que la ciencia, dicho sea con palabras de Lenin. "se convierta efectivamente en carne y sangre nuestra, ...llegue a ser plena y verdaderamente un elemento integrante de la vida diaria"(3).

4) La actual revolución científico-técnica exige un estudio y un cálculo minuciosos de las consecuencias que acarrea la acción del hombre sobre la naturaleza circundante. Durante mucho tiempo no se ha prestado atención a tales consecuencias. La naturaleza se consideraba como fuente inagotable de diversas riquezas. De sus depósitos se tomaba lo que hacía falta sin contarlo nunca y sin devolver nada. Sin embargo ya en otros tiempos el hombre pagó caro el tratar sin control a la naturaleza. Las expediciones de conquista de la Roma antigua contribuyeron en no poca medida a convertir en desierto el fértil suelo del Sahara. Durante siglos enteros las cabras se llevaron a pacer en las laderas de las montañas de Grecia sin pensar en las consecuencias que esto acarrearía. El resultado fue que las laderas de las montañas, de rica y variada vegetación, poco a poco quedaron desiertas, y desapareció el manto boscoso. En muchas regiones de la India y de otros países de Asia, colosales sistemas de irrigación convirtieron poco a poco en pantanosos, fértiles territorios; la salinización del suelo ha transformado muchos territorios en estéril desierto.

Sin embargo, hasta el inicio de la primera revolución industrial la acción del hombre sobre

---

(3) *V. I. Lenin*, "Más vale poco y bueno", "Obras", t. XLV, pág. 391. ("Obras escogidas en tres tomos", Edit. Progreso, Moscú, 1966, t. III, pág. 802).

la naturaleza fue relativamente limitada. Los inventos técnicos de las épocas precedentes no destruían los procesos naturales. En cambio, la época de la acumulación originaria se caracterizó por la malversación y la destrucción de ingentes riquezas naturales. Se exterminaron por completo numerosas especies de animales útiles, se estragaron los suelos en grandes territorios. "Tomarlo todo de la naturaleza sin devolver nada" es un principio que caracteriza no sólo la época de la acumulación originaria; todavía hoy define en gran medida la actitud que los propietarios privados de los medios de producción mantienen ante la naturaleza.

En las condiciones derivadas de la actual revolución científico-técnica, las consecuencias de una acción incontrolada sobre la naturaleza pueden ser de irreparable gravedad. Las máquinas modernas amplían en proporciones colosales el poder del hombre sobre la naturaleza. De día en día aumentan las posibilidades de saquear las riquezas naturales. Crece con catastrófica rapidez la contaminación de la atmósfera debida a elementos radiactivos y a otros residuos de la producción. En el suelo se producen numerosos cambios provocados por el empleo de abonos químicos.

Todo ello puede conducir a resultados imprevistos y trascender negativamente en la vida de muchas generaciones de seres humanos. Esta es la razón de que los actuales inventos científico-técnicos no deben evaluarse sólo teniendo en cuenta el grado en que facilitan el trabajo (¡aunque esto es muy importante!) o aumentan la riqueza. Ahora han de evaluarse también con una perspectiva

de mayor alcance: a qué cambios y consecuencias pueden conducir en el complejo de conexiones y dependencias que se han formado en la naturaleza. De estas conexiones y dependencias sabemos ahora mucho más que antes. Su estudio se convierte en uno de los problemas más importantes que se plantean a la ciencia. A lo que parece, todas las ciencias, en última instancia, se encuentran con ese problema y han de participar en su resolución. El problema ocupa un lugar cada día mayor en la colaboración internacional de los científicos de diferentes países.

2. Los ritmos de desarrollo de la ciencia contemporánea

Constituyen una peculiaridad característica de la ciencia contemporánea los elevados ritmos de su desarrollo. Su estudio resulta bastante difícil. Muchos países no disponen por ahora de un cálculo estadístico bien organizado. Una sensible parte de las investigaciones se mantienen en secreto. Existen además dificultades teóricas, dado que no se han elaborado todavía criterios unívocos que permitan juzgar objetivamente de los ritmos de desarrollo de la ciencia. Ello no obstante, en los estudios de la ciencia se han destacado varios índices esenciales que hacen posible analizar ese proceso. He aquí los fundamentales: 1) Asignaciones para el desarrollo de la ciencia. 2) Volumen de las investigaciones científicas. 3) Cantidad de científicos. 4) Cantidad de descubrimientos científicos hechos y utilizados. Cada uno de los

índices por separado y sobre todo todos ellos en conjunto registran un crecimiento enorme de los ritmos de desarrollo de la ciencia.

Los gastos en el desarrollo de la ciencia se han incrementado en proporciones colosales durante los últimos 40-50 años, y todo hace suponer que todavía aumentarán más. Así, en el último período a partir de 1939, han superado aproximadamente en tres veces a todos los desembolsos hechos para la ciencia en el transcurso de toda la historia precedente de la sociedad humana[4]. En los países industrialmente desarrollados, a la financiación de la ciencia —incluso según cálculos modestos— se dedica del 2 al 4 % de la renta nacional global.

En la U.R.S.S., las asignaciones para el desarrollo de la ciencia también crecen sin cesar. La ciencia, en la U.R.S.S., avanza de dos a tres veces más rápidamente que la industria.

Crece a grandes ritmos el volumen de las investigaciones científicas; el aumento de la cantidad de los problemas que se resuelven y la complicación de su carácter conducen indefectiblemente a una ampliación de los trabajos de investigación científica. Ya no se trata sólo de que se plantean nuevos problemas, sino, además, de que surgen nuevas ciencias: la bioquímica, la biofísica, la lingüística matemática, la cibernética, la biónica, etc.

Aumenta la necesidad de personal científico.

---

(4) Ver *M. Goldschmidt, A. Mackay*, Introducción. "La ciencia de la ciencia", Moscú, 1966, págs. 7-8.

La cantidad de científicos existentes hoy en el mundo pasa de los tres millones de personas. "La cantidad global de personas que trabajan en la ciencia (incluyendo el personal auxiliar, a los trabajadores de las bases de experimentación, etc.), aún es de tres a cuatro veces mayor. En los países científica y técnicamente desarrollados, por cada cien personas ocupadas en la industria hay de dos a tres científicos dedicados a la investigación"[5]. La U.R.S.S. cuenta actualmente con cerca de 930.000 científicos, lo que representa, poco más o menos, una cuarta parte de los científicos de todo el mundo.

Se multiplica sin cesar la cantidad de descubrimientos científicos. Según cálculos aproximados, el volumen de la información científica se duplica cada 15 años. En la ciencia actual, en comparación con la ciencia del siglo XIX, se reduce el tiempo comprendido entre la formulación de los problemas científico-técnicos y su resolución práctica. He aquí algunos ejemplos. La posibilidad de construir el teléfono se expuso en 1820 y se realizó 56 años después. Para producir la radio ya se necesitaron 35 años: para los dispositivos del radar, 15; para el televisor, 14; para el rayo láser, 9; para la bomba atómica, 6, y para el transistor, 5. Y no ha de olvidarse que muchos de esos problemas son bastante más complejos que los que se resolvieron en el siglo XIX. "Constituye un rasgo característico y muy esencial del desarro-

(5) *G. M. Dóbrov, V. N. Klimeniuk, L. P. Smirnov, A. A. Savéliev,* "El potencial de la ciencia", pág. 19.

llo de la ciencia en el siglo XX, la circunstancia de que la duplicación de la cantidad de nuevos resultados científicos va acompañado de un crecimiento ocho veces mayor del volumen de la información científica, de un crecimiento dieciséis veces mayor del número de científicos, y de un aumento en más de treinta veces de las asignaciones dedicadas a las investigaciones científicas y a los trabajos experimentales, de diseño y proyección"[6].

El crecimiento de los ritmos de desarrollo de la ciencia se convierte en un importante factor del progreso social. "Cualquier país que no participe por lo menos en algunas esferas de las investigaciones científicas contemporáneas se encuentra al margen de la dirección principal del desarrollo de la sociedad, y ello acarrea consecuencias muy serias respecto a su vida intelectual y a su potencia económica"[7]. Así se explica que una cantidad cada día mayor del trabajo de investigación científica se aplique a la solución de tareas técnico-económicas y sociales. A la vez que crecen los ritmos de desarrollo de la ciencia, se producen cambios profundos en la propia actividad de investigación científica. El aumento colosal de la información da origen a numerosas dificultades relacionadas con su cómputo, conservación, análisis y utilización eficaz en el trabajo de investigación científica. Con frecuencia, en la búsqueda de información sobre resoluciones de problemas ya

---

(6) Ibídem, pág. 25.

(7) *C. Powell*, "Esperanzas y problemas de la ciencia contemporánea". "El futuro de la ciencia", Moscú, 1970, pág. 40.

halladas y propuestas se consume gran cantidad de tiempo y energías de algunos hombres de ciencia y hasta de grupos de científicos. El nacimiento de una nueva problemática científica y la formación de nuevas ciencias exige la revisión y la re-evaluación de las representaciones teóricas establecidas, de los métodos elaborados y de los medios de conocimiento existentes. Cada vez con más frecuencia surgen en la ciencia "situaciones inesperadas" y "puntos de crecimiento" no previstos.

3. El potencial de la ciencia

Las posibilidades de la ciencia para plantear y resolver problemas dependen en gran medida de las aspiraciones y necesidades sociales, de los intereses de determinados grupos de la sociedad, del estado de la lucha de clases y de otros factores sociales. Esto mismo es lo que determina la asignación de recursos para las investigaciones científicas y la evaluación social de los resultados que los científicos obtengan. Ahora bien, por importante que sea la influencia de la "atmósfera social" creada en torno a la ciencia, las posibilidades de esta última dependen esencialmente de las particularidades de la propia ciencia, del estado y del nivel de su desarrollo. La atención de los críticos e historiadores de la ciencia, de los filósofos, de los economistas y de los sociólogos también se orienta hacia la delimitación y el estudio de dichos factores. El concepto de "potencial de la ciencia" denota precisamente los parámetros que definen las auténticas posibilidades de la misma.

Tanto en las publicaciones soviéticas como en las de otros países existen enfoques diversos respecto a la comprensión y, por ende, al estudio del potencial científico. Ello tiene su origen en la comprensión teórica de la estructura de la ciencia y de sus diversas facetas, en las dificultades de su evaluación cuantitativa.

En el libro *El potencial de la ciencia* debido a un grupo de autores dirigidos por G. M. Dóbrov, se destacan parámetros del potencial científico que son "susceptibles de análisis cuantitativo y admiten amplias comparaciones sistemáticas"(8). Se incluyen en el complejo de parámetros que caracterizan la posibilidad de que la ciencia resuelva problemas futuros del desarrollo científico-técnico, "cuatro grupos principales de parámetros concretos"(9):

1) disponibilidad de cuadros: efectivos totales, preparación, estructura en función de la edad, existencia de recursos y de reservas de científicos;

2) disponibilidad de información científica: existencia de un "remanente" de ideas científicas propias y de metodologías originales, información sobre la experiencia mundial;

3) disponibilidad material y técnica: disponibilidad de recursos financieros para la ciencia, existencia de aparatos científicos, de instrumental y de una base de experimentación de la clase

---

(8) *G. M. Dóbrov, V. N. Klimeniuk, L. P. Smirnov, A. A. Savéliev*, "El potencial de la ciencia", pág. 19.

(9) Ibidem.

correspondiente, nivel técnico alcanzado y posibilidades de la industria;

4) nivel óptimo en la organización del sistema científico: principios estratégicos sobre el desarrollo de la ciencia (criterios para la elección de direcciones); cómputo de los factores que obstaculizan la pérdida de potencial científico.

Todo esto son características esenciales del potencial de la ciencia. Junto a ellas existen otros factores que si bien en la actualidad no son susceptibles de medición exacta, ejercen una influencia decisiva sobre las posibilidades de la ciencia en plantear y resolver problemas. Entre ellos figura, ante todo, la preparación experimental, teórica, filosófico-metodológica y matemática —de los científicos. Tal preparación influye en gran manera sobre la maestría para analizar con espíritu crítico los sistemas existentes de conocimientos así como para delimitar y formular problemas científicos, sobre la búsqueda y elaboración de métodos y procedimientos para resolver esos problemas, sobre la aplicación de métodos de fundamentación lógica y de comprobación empírica de las hipótesis o de las resoluciones técnicas propuestas. La preparación profesional es una importante premisa de la acumulación de experiencia relativa a la investigación científica. Asimilar y utilizar eficazmente conocimientos y soluciones preparados suele exigir de los científicos un alto nivel profesional. Pero se requiere una preparación sensiblemente mayor para trabajar activamente en la "primera línea de la ciencia", donde se formulan y se resuelven nuevos problemas, donde la atmósfera de

búsqueda y creación de nuevas ideas posee un carácter muy distinto.

Influyen sobre el potencial de la ciencia una serie de cambios que se producen en el curso del desarrollo de la ciencia contemporánea. Tampoco es posible, por ahora, utilizar métodos de medición para delimitarlos e investigarlos. Pero es necesario estudiarlos, tenerlos en cuenta y utilizarlos conscientemente al preparar científicos, al planificar los trabajos científico-técnicos y al pronosticar el desarrollo de la ciencia y de la técnica.

4. ¿Por qué es necesario dirigir el desarrollo de la ciencia?

Ninguna sociedad gastará sin control grande cantidades en la ciencia; es lógico, por tanto, que se plantee el problema de la orientación social de esta última. En todos los países se procura que la ciencia participe en la resolución de las cuestiones sociales más importantes y candentes. De los científicos se reclama que formulen las tareas de ese tipo en forma de problemas científicos y que los resuelvan con los medios y métodos de la ciencia. ¿De qué depende la participación activa de los científicos en la resolución de los problemas sociales? ¿En qué condiciones puede la ciencia dar a la sociedad más de lo que le da actualmente? ¿Cómo calcular y controlar el rendimiento de los gastos hechos en investigaciones científicas? Semejantes cuestiones van unidas, en última instancia, a la utilización consciente de la ciencia para determinados fines. Por esto, precisa-

mente, la ciencia se convierte no sólo en objeto de estudio, sino, además, de dirección. La doctrina de la ciencia se forma actualmente ante todo bajo la acción de esta tarea social.

Existen además otras causas que inducen a buscar activamente vías y métodos para dirigir el desarrollo de la ciencia contemporánea. Al respecto señalaremos en primer lugar la relativa independencia de muchos cambios en el seno de la propia ciencia. La maestría en dirigir su desarrollo y en utilizar prácticamente sus resultados depende en mucho del conocimiento de tales cambios y de la atención que se les preste. La ciencia constituye un sistema muy complejo; sin conocer su estructura y la dependencia entre sus diversos elementos, es imposible actuar con eficacia, tanto sobre algunos de ellos como sobre el conjunto del sistema.

La dirección de sistemas como la ciencia se basa en la planificación y en la prognosis. Más precisamente aquí nos encontramos con un problema muy difícil e importante: qué es lo que puede planificarse en la ciencia y qué no es susceptible de planificación. Entre una parte de científicos no han desaparecido todavía las prevenciones acerca de la posibilidad de dirigir la ciencia. Esas prevenciones son comprensibles. A veces la dirección se convierte en una injerencia torpe que frena el desenvolvimiento de la ciencia; más a menudo todavía con el pretexto de ejercer una acción directora, los estados capitalistas y los monopolios imponen a la ciencia objetivos militaristas. Pero la cuestión no es sólo ésta.

En la actualidad, son muchas las ramas de la investigación en que el sabio de antaño o los pequeños grupos de científicos a los que era posible dirigir sin grandes dificultades, se ven sustituidos por grandes colectividades de científicos. En ellas ni siquiera al científico bien preparado le resulta fácil hallar su lugar. En el ánimo de muchos investigadores se mantienen vivas aún las tradiciones de la ciencia de la época precedente, cuando sin más colaboración que la de un pequeño grupo de ayudantes, era posible realizar grandes descubrimientos. Ahora "de los científicos se exige que trabajen como miembros de un «equipo» único... Además, sólo desempeñan un modesto papel en la gigantesca empresa, la cual a menudo exige, por su propio carácter, una disciplina rigurosa, un trabajo intenso, acciones rápidas y precisas, así como la observación exacta del orden del día preestablecido"(10). En tales colectividades a menudo se obliga al científico a renunciar a sus propios planes creativos y a sus inclinaciones. Algunos científicos temen, por ello, que semejante limitación de la iniciativa creadora reduzca la eficacia y el atractivo del trabajo de investigación científica. En las grandes colectividades científicas, junto a los buscadores de talento, desempeñan un papel cada día mayor los simples ejecutores de "operaciones particulares". Este es el motivo de que la dirección de la ciencia se convierta inevitablemente en búsqueda de procedimientos para

---

(10) *C. Powell*, "Esperanzas y problemas de la ciencia contemporánea". "El futuro de la ciencia", pág. 57.

fomentar la utilización eficiente de la individualidad creadora, de las inclinaciones y de la experiencia de los científicos.

Para el desarrollo de la ciencia y para la planificación del trabajo de investigación, son de gran importancia la comprensión y la formulación de los problemas científicos. ¿Es susceptible de planificación y dirección esta parte importantísima de la actividad cognoscitiva del investigador? ¿Es posible, en la dirección de la ciencia, partir de una exigencia que diga: en tal tiempo hay que destacar y resolver tal cantidad de nuevos e importantes problemas científicos? No, desde luego. O bien, otro ejemplo: ¿es posible planificar los descubrimientos científicos? Al parecer, tampoco es posible. Pero el caso es que en el planteamiento de los problemas científicos y en los descubrimientos de este carácter se produce el mayor "incremento de conocimientos". Por otra parte no siempre es fácil comprender ni, con mayor motivo, predecir cuál será su influencia sobre el ulterior desarrollo de la ciencia. Así ocurrió, por ejemplo, con la hipótesis cuántica de Planck y con la teoría de la relatividad de Einstein. A principios del siglo XX no se veía con claridad cuál sería la influencia que una y otra ejercerían sobre las investigaciones y las ideas científicas de la época subsiguiente. Sólo ahora nos damos cuenta de su alcance y carácter.

Todo ello hace que la dirección del desarrollo de la ciencia actual exija que ésta se estudie con todo detenimiento y en todos sus aspectos. La dirección que no se apoye en un estudio seme-

jante puede llevar a consecuencias tan indeseables como el desarrollo espontáneo de la ciencia.

Tomemos, a guisa de ejemplo, la distribución de recursos entre las diferentes direcciones de la investigación científica. Con este fin, es necesario estudiar el estado de la ciencia, tener en cuenta las perspectivas de su desarrollo, elegir las direcciones y los métodos más fecundos para la resolución de los problemas. A veces puede parecer conveniente destinar la parte principal de los productos a las investigaciones y a los estudios de carácter aplicado. Esto, sin embargo, conduce indefectiblemente, en último término, a una disminución del "remanente de búsqueda", que se crea ante todo gracias a las investigaciones teóricas fundamentales, orientadas hacia un fin determinado. Asimismo pueden surgir grandes dificultades en la asimilación de nuevos sectores de la ciencia, en la preparación de personal científico. puede perderse la iniciativa y pueden producirse otras consecuencias no deseables. A fin de cuentas, los gastos para alcanzar unos mismos resultados pueden incrementarse y algunas pérdidas sólo pueden compensarse, en mayor o menor medida, en el transcurso de largo tiempo. Cada vez que una colectividad de científicos o alguno de ellos pasa de unos problemas a otros, se requieren inevitablemente gastos complementarios de tiempo y de recursos, hay que estudiar de nuevo el carácter de los problemas y las posibilidades concretas de su resolución. De ahí que la utilización racional de los recursos destinados a las diversas direcciones de las investigaciones científicas se convierta en

un problema de excepcional importancia social y política.

No son menores las dificultades que surgen también al coordinar los trabajos de investigación científica. El rápido crecimiento de los científicos y de sus colectividades no es aún, por sí mismo, una garantía de que se obtengan éxitos en la ciencia. Hay que aprender a dirigir esas colectividades, y esto es muy importante. Toda duplicación incontrolada o injustificada de las investigaciones científicas hace que aumenten los gastos para obtener unos mismos resultados. Resulta de una trascendencia incalculable el estudio de la división del trabajo en la ciencia contemporánea. Surgen grandes dificultades en la dirección de las colectividades científicas que se organizan para resolver los problemas denominados complejos (conquista del cosmos, dirección de los procesos sociales, etc.). La colaboración eficaz de quienes cultivan ciencias diferentes no puede apoyarse tan sólo en la experiencia, en la iniciativa y en la fantasía de unos científicos o administradores. La formulación de tareas concretas ante científicos que trabajan en distintas ramas del saber, así como la coordinación de sus acciones y de los resultados obtenidos han de ser fundamentados cada vez. A menudo hay que analizar, para ello, los métodos y los medios de conocimiento utilizados en las ciencias particulares, los conocimientos empíricos y teóricos que se emplean para resolver un problema, y hay que estudiar los diversos factores que facilitan o dificultan la resolución. El trabajo para dirigir las colectividades científi-

cas se convierte en una especie de investigación científica.

Finalmente hay que señalar todavía otro cambio, muy importante: la nueva relación entre las ciencias naturales y técnicas por una parte y las sociales y humanistas por otra. Ya ahora se ven las profundas consecuencias de estos cambios. Al estudiar los procesos sociales, los investigadores utilizan cada vez con más frecuencia los resultados de las ciencias naturales. Los arqueólogos recurren a distintos métodos físicos para calcular la "edad" de los monumentos del pasado histórico. Los historiadores han de tener amplios conocimientos de psicología, criminalística, historia de las ciencias naturales y de la técnica, etc. En la ciencia actual, incluidas las ciencias sociales, se hacen descubrimientos y surgen nuevas ramas del saber en la intersección de disciplinas muy alejadas unas de otras, por ejemplo, en la intersección de las ciencias naturales y de la técnica con las ramas humanistas del saber. De este modo se han unido las matemáticas con la economía, las teorías sobre el trabajo de los mecanismos y de las máquinas con la psicología, las investigaciones de la producción y del género de vida con la estética, etc. Se constituyen nuevas ciencias como la biónica, la "engineering psychology", la econometría, la lingüística matemática, etc. La cibernética se utiliza ampliamente en el estudio de los procesos sociales. Los métodos de las ciencias exactas y naturales penetran en las ciencias sociales y facilitan su desarrollo.

La resolución de muchos problemas en las

ciencias naturales y sobre todo en las técnicas, supone profundos conocimientos en el campo de las ciencias sociales y humanistas. El estudio y el perfeccionamiento de las calculadoras, por ejemplo, no sólo son necesarios para el intenso desarrollo de la neurofisiología, sino, además, para el de la psicología, de la heurística y de la programación heurística.

Las ciencias naturales y técnicas se hacen intervenir directamente, cada vez más, en la elaboración de prognosis, científicamente fundamentadas, sobre el desarrollo de la sociedad. El estudio de las tendencias del progreso científico-técnico, la elección de problemas que conviene resolver en primer lugar, el análisis de soluciones constructivas en el perfeccionamiento de los instrumentos de trabajo, en lo tocante a las condiciones de vida, al urbanismo, etc., todo esto son problemas de las ciencias naturales y técnicas que se convierten en problemas sociales. Todos los individuos de una sociedad dada van a sentir inevitablemente las consecuencias de que se tomen unas resoluciones u otras. No hay máquina que no requiera una compleja serie de condiciones para su utilización práctica. El científico y el ingeniero han de tenerlo en cuenta. Uno y otro cargan con la responsabilidad por las soluciones propuestas y sus diversas consecuencias sociales: económicas, sociopsicológicas, culturales, estéticas, etc. El estudio, el cálculo y la planificación de las diversas consecuencias sociales de la revolución científico-técnica actual se van convirtiendo en una premisa cada vez más necesaria para la actividad investi-

gadora de los biólogos, químicos, físicos, técnicos. etc. A ello se debe, precisamente, que cambien las exigencias respecto a las investigaciones sociales y humanistas. En estas ciencias, los conocimientos, las demostraciones y las proposiciones han de ser tan exactas, rigurosas y concretas como en las ciencias naturales y técnicas.

Estos cambios, que se producen en el seno de la ciencia, obligan a los investigadores a estudiar su propia actividad cognoscitiva y los resultados de la misma. La planificación y la prognosis de los trabajos de investigación científica así como del desarrollo de la ciencia en su conjunto pasan a ser una parte, cada día más importante, de la actividad de los propios científicos. A ello se destinan incluso métodos especiales. Tal es, por ejemplo, el método de Delfos(*). Este método se funda en la utilización y el análisis de los conocimientos de los propios científicos, los cuales son considerados como expertos de elevada calificación que han de inferir unas conclusiones o han de responder a las preguntas que se les formulen. Los investigadores se ven obligados a analizar no sólo el estado actual de la ciencia, sino, además, sus posibles cambios bajo la influencia de medios de conocimiento ya utilizados o sólo recientemente elaborados; hay que pronosticar nuevos objetos de conocimiento posibles, etc. "La explicación de las opiniones de cada uno de los expertos y el subsiguiente análisis que cada uno de los participantes

(*) Delfos: ciudad de la antigua Grecia. Según la leyenda, en ella estuvo durante varios siglos un famoso oráculo.

hace de todo el conjunto de causas expuestas por aquéllos, estimulan a los interrogados a tener en cuenta las consideraciones que podían haber desdeñado, aunque fuese involuntariamente, así como a tener en cuenta factores que, a primera vista, se habían inclinado a pasar por alto como insignificantes"[11]. Los científicos no pueden ver la ciencia sólo como esfera de aplicación de sus fuerzas, de su experiencia y de su talento. De ellos se exige que estudien esa esfera misma y los cambios que en ella se producen.

Elaborar métodos eficaces para dirigir el desarrollo de la ciencia constituye un problema científico y social. En la historia de la ciencia soviética se ha acumulado una rica experiencia en la dirección de muchos aspectos del desarrollo de los trabajos de investigación científica. Esta experiencia —desde que se instituyó la Comisión estatal para la electrificación de Rusia, en 1920, hasta la dirección y la prognosis actuales— ha sido muy fecunda. La planificación, por tanto, es una premisa necesaria del desarrollo de la ciencia. "Son igualmente nocivos el formalismo, la incompetencia administrativa, la reglamentación rígida de la actividad vital de la ciencia, en una parte, y el desarrollo espontáneo de la vida científica por otra"[12].

---

(11) *O. Helmer*, "La ciencia". "Horizontes de la ciencia y de la técnica", Moscú, 1969, pág. 23.

(12) *V. I. Kutsenko*, "La ciencia como objeto de la dirección social". "La predicción de los procesos sociales en la sociedad socialista. La ciencia como objeto de dirección", fasc. 5, Kiev, 1969, pág. 205.

Llegamos, así, a la siguiente cuestión: ¿qué es la ciencia y, por consiguiente, de qué proceso más complejo forma parte la actividad cognoscitiva de los investigadores?

CAPÍTULO II

EL PROCESO EMPÍRICO ESPONTÁNEO Y EL PROCESO CIENTÍFICO DEL CONOCIMIENTO

1. Distintas maneras de enfocar el problema

Es indudable que la delimitación, el estudio y la definición lógica de la ciencia chocan con grandes dificultades. La ciencia, en el curso de su evolución histórica, ha sufrido cambios esenciales; en la base de este fenómeno social se encuentra uno de los tipos más complejos de actividad humana: la actividad cognoscitiva de los científicos. No son pocas las dificultades que se presentan cuando se estudia la función social de la ciencia, etc. A algunos investigadores, estas dificultades les parecen insuperables. Así, John Bernal, uno de los fundadores de la ciencia de la ciencia, estima que "definir la ciencia es, en realidad, imposible"[1] e inútil. Replicando a sus oponentes, Bernal, en el libro *La ciencia en la historia*, ofrece, en vez de una definición, una "descripción extensa

(1) *J. Bernal*, "La ciencia en la historia de la sociedad", Moscú, 1956, pág. 18.

y desarrollada" de la ciencia. Escribe que la ciencia puede considerarse: 1) como una institución; 2) como un método; 3) como una acumulación de tradiciones relativas al saber; 4) como importante factor del mantenimiento y desarrollo de la producción, y 5) como uno de los factores que más contribuyen a formar las convicciones del hombre y su actitud ante el mundo[2]. A veces la ciencia se define como una manera especial de entrenar y organizar el entendimiento[3]. En algunos trabajos, Einstein caracteriza la ciencia como "perfeccionamiento del pensar cotidiano"[4].

En las publicaciones filosóficas soviéticas se encuentran, acerca de esta cuestión, varios enfoques. El más extendido es aquel que concibe la ciencia como un sistema especial de conocimientos acerca del mundo circundante. M. M. Kárpov, en su libro *Leyes básicas del desarrollo de las ciencias naturales*, la define como sigue: "*La ciencia es un sistema, en desarrollo histórico, de conocimientos fidedignos, lógicamente no contradictorios, sobre las leyes de la naturaleza, de la sociedad y del pensamiento*"[5]. V. V. Kosolápov, en *Análisis lógico-informativo de la investigación científica*, es-

(2) Ver ibídem, pág. 18.

(3) *W. H. George*, "The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods", London, 1936, p. 247.

(4) *A. Einstein*, "Obras científicas escogidas", t. IV, Moscú, 1967, pág. 200.

(5) *M. M. Kárpov*, "Leyes básicas del desarrollo de las ciencias naturales", Editorial de la Universidad de Rostov, 1963, pág. 15.

cribe: "...la ciencia es un sistema, históricamente formado y en constante desarrollo, de los conocimientos que tiene el hombre sobre la realidad que le circunda, conocimientos cuya verdad se comprueba y se demuestra mediante la práctica social"(6). A. I. Rakítov: "La ciencia constituye un sistema de proposiciones que representan la fijación lógica de conocimientos relativos a las conexiones, a las relaciones y a las propiedades de los objetos que se estudian. En consonancia con el papel funcional que desempeñen, estas proposiciones pueden unirse en grupos especiales, que componen la estructura de la ciencia"(7).

Algunos científicos ven la ciencia como una forma especial de la actividad humana. M. G. Iaroshevski la define como "forma histórico-social, que se desarrolla según leyes objetivas, de actividad"(8). Ambos enfoques se encuentran ampliamente reflejados, por ejemplo, en los materiales del Simposio de Novosibirsk dedicado a los problemas de la investigación de la estructura de la ciencia(9).

---

(6) *V. V. Kosolápov*, "Análisis lógico-informativo de la investigación científica", Kíev, 1968, pág. 11.

(7) *A. I. Rakitov*, "Interpretación estadística del hecho y papel de los métodos estadísticos en la construcción del conocimiento empírico". "Problemas de la lógica y del conocimiento científico", Moscú, 1964, pág. 375.

(8) *M. G. Iaroshevski*, "Sobre las tres maneras de interpretar la creación científica". "La creación científica", Moscú, 1969, pág. 103.

(9) Ver "La investigación de la estructura de la ciencia. Sus problemas", Novosibirsk, 1967.

En este caso la cuestión no es sólo de diferencias terminológicas. En las definiciones aducidas queda expresada la concepción teórica de la ciencia como objeto de estudio. No es posible admitir la tesis de Bernal en el sentido de que las definiciones de los objetos compuestos son inútiles. Al contrario, cuanto más complejo es un objeto, tanto más importante es el papel de sus definiciones. Su ausencia puede dar origen a vaguedades terminológicas y a que se trate arbitrariamente el objeto estudiado. De la concepción teórica de la ciencia depende muy esencialmente la manera de enfocar muchas cuestiones que atañen a su origen y desarrollo. Tomemos, por ejemplo, la del tiempo en que la ciencia aparece. Si consideramos la ciencia sólo como una parte especial —espiritual— del trabajo humano, habrá que fechar su origen en la época en que el hombre se separó del reino animal. Este punto de vista es el que mantiene V. Ia. Elméicy[10]. En este caso, la ciencia se convierte en la forma única del proceso de conocimiento en la sociedad, y la actividad cognoscitiva, que surge junto con el proceso del trabajo, se identifica con la actividad cognoscitiva en la ciencia. En cambio, si consideramos la ciencia como un sistema especial de conocimientos, hay que fechar necesariamente su origen en la época en que tales sistemas de conocimientos se elaboran.

También está relacionada con la definición de

---

(10) Ver *V. Ia. Elmeiev*, "La ciencia y las fuerzas productivas de la sociedad", Publicaciones científicas de la Universidad de Leningrado", Nº 196, serie de ciencias filosóficas, fasc. 7, 1956, pág. 50.

la ciencia la manera de comprender las causas y los estímulos de su desarrollo. La ciencia se halla en interacción con muchos otros fenómenos sociales, y semejantes interacciones no deben identificarse con las que históricamente se forman entre determinados elementos en el seno de la ciencia misma. De otro modo se confunden inevitablemente los estímulos y causas "internos" y los "externos" que condicionan el progreso de la ciencia.

Es indudable que las diferentes definiciones no sólo expresan enfoques teóricos del estudio de la ciencia. También ponen de manifiesto hasta qué punto hemos avanzado en la delimitación y en el estudio de los hechos relativos a ese objeto y en qué medida se han creado las premisas para la construcción de una teoría íntegra que permita estudiar, desde un punto de vista único, tanto el estado actual de la ciencia como su historia.

Nosotros consideramos la ciencia como un proceso especial de conocimiento. No puede identificarse ni con los sistemas del conocer ni con la actividad cognoscitiva: tanto lo uno como lo otro no son más que elementos del proceso científico del conocimiento. La ciencia, o el proceso científico del conocimiento, ha de diferenciarse en elementos concretos o específicos, los cuales se encuentran en una recíproca dependencia sujeta a ley. Cada uno de los elementos componentes de la ciencia, a su vez, posee una estructura compleja y puede ser objeto de estudio.

2. El proceso del trabajo y la actividad cognoscitiva del hombre

La actividad cognoscitiva surge con el proceso del trabajo y sobre su base. Aquí no vamos a examinar la historia de su formación, que constituye un problema independiente. Sólo nos referiremos a ella en la medida en que resulte indispensable para el estudio de la estructura del proceso del conocer en su conjunto.

Ante todo es necesario diferenciar los *fines* y los *resultados* que caracterizan la actividad cognoscitiva. Las condiciones y los principios de su formación y de su comprensión han de buscarse, indudablemente, en el proceso del trabajo. Al trabajar, el hombre opera con objetos que existen realmente, y ello requiere determinados hábitos, destreza, esfuerzo físico, acciones adecuadas que permitan obtener los resultados planificados. Al mismo tiempo se va formando también una premisa tan importante de la actividad laboral como es la existencia de *conocimientos* sobre los objetos utilizados y sobre las mismas operaciones de trabajo.

La aplicación y sobre todo la producción de instrumentos de trabajo se basa en la fijación de determinadas propiedades *concretas*, que existen realmente: dureza, elasticidad, flexibilidad, impermeabilidad, viscosidad, etc. Esto no significa que el hombre se diera cuenta al instante de qué propiedades estaba utilizando al crear el hacha de piedra, la azada, el arco y la flecha. No obstante, diferenciaba y fijaba esas propiedades. Unas piedras eran más duras que otras, y esto había de

tenerse en cuenta al elegir el material para el arco y la flecha. Por este motivo, la diferenciación, la comparación y la selección de los objetos y sus propiedades se convierte no sólo en premisa, sino, además, en fin del trabajo humano. Se van formando diversas "recetas" de trabajo que permiten utilizar propiedades anteriormente descubiertas y sus interacciones. Ello hace que se desarrolle la facultad de observar y recordar. De este modo surgen *conocimientos*, es decir, enunciados o sistemas de enunciados sobre objetos, fenómenos, propiedades y acciones de existencia real que permiten, si el hombre se guía por ellos, obtener resultados deseables en el proceso del trabajo, predecir la conducta de los animales y los cambios del tiempo, orientarse en diversas circunstancias. Debió transcurrir, sin duda, muchísimo tiempo hasta que el hombre aprendiera a *separar* de los objetos, fenómenos, propiedades o acciones, el saber a ellos referido. Al mismo tiempo se formaba la actividad *cognoscitiva* del hombre.

El carácter de la actividad cognoscitiva, sus fines y formas de organización sufren cambios esenciales en la historia del desarrollo de la sociedad; sin embargo, se conservan algunas de sus propiedades, muy esenciales.

En primer lugar, la actividad cognoscitiva se orienta hacia cosas, fenómenos, propiedades, conexiones, dependencias e interacciones realmente existentes, hacia la conducta y las acciones de las mismas personas, etc.; tales objetos y sus propiedades son los que se convierten en *objetos* de la actividad cognoscitiva del hombre. El fin de esta

actividad estriba en distinguir esos objetos, estudiarlos y expresar en alguna forma los conocimientos que de ellos se tenga.

En segundo lugar, los resultados de ese tipo de actividad, los *conocimientos*, siempre se refieren a objetos que existen realmente y expresan sus propiedades, relaciones, estructura, conexiones, dependencias, interacciones, etc. La relación de los conocimientos con los correspondientes objetos se controla, se precisa y se comprueba mediante acciones prácticas con los objetos dados.

En tercer lugar, la actividad cognoscitiva y sus resultados se convierten en elementos de un proceso especial, del *proceso del conocer*. En el marco de dicho proceso surge la *dependencia* en que las acciones cognoscitivas y sus resultados se hallan no sólo del grado de desarrollo de la *conciencia* humana, sino, además, de los *medios de conocimiento* o de los medios que se utilizan para descubrir el objeto y sus propiedades, para organizar la actividad cognoscitiva y para expresar los conocimientos. No es posible, por ende, reducir la actividad cognoscitiva sólo a actos mentales o a percepciones sensoriales de objetos que existen realmente. También incluye diversas operaciones prácticas tanto con los medios como con los objetos del conocer. Para estudiar la *actividad cognoscitiva* es necesario examinar todo el proceso del que ella constituye uno de los elementos componentes. Y esto será el proceso del conocimiento. Históricamente, este proceso se constituye como resultado y forma de la interacción de los siguientes elementos fundamentales:

1) la actividad cognoscitiva del hombre;
2) los medios de conocimiento;
3) los objetos del conocimiento;
4) los conocimientos.

3. El proceso empírico espontáneo del conocimiento

Entenderemos por proceso empírico espontáneo del conocimiento aquel en que la obtención de saber no está separada de la actividad social práctica del hombre, y la fuente principal de los conocimientos radica en las diversas operaciones prácticas con los objetos.

Es importante diferenciar y estudiar este proceso no sólo porque hasta hoy masas enormes de personas reciben sus conocimientos precisamente por esa vía. Lo es también porque el estudio comparativo del proceso empírico espontáneo del conocer y del proceso científico permite poner de manifiesto las particularidades de la actividad cognoscitiva en el marco de cada uno de ellos, el carácter de las dificultades y de los métodos para resolverlas, las exigencias presentables tanto a la actividad cognoscitiva como a sus resultados.

Veamos la estructura del proceso empírico espontáneo del conocimiento.

1. Realizan ese tipo de actividad cognoscitiva todas las personas que llevan a cabo una actividad social práctica. Todas son iguales en lo que respecta a la acumulación y utilización de conocimientos. Su obtención no está separada de la esfe-

ra de su utilización. Surge una pregunta: ¿en qué sentido cabe hablar de actividad cognoscitiva si no está separada del proceso de trabajo ni de otros tipos de actividad social práctica? Ante todo no hay que identificar la obtención de conocimientos con la creación de objetos. El resultado de la actividad cognoscitiva existe en forma distinta —en forma de conocimientos— de la que presenta el resultado de la actividad como trabajo. Cualquiera que sea el punto de vista desde el que examinemos los conocimientos, veremos que existen en forma de enunciados singulares o de sistemas concatenados de enunciados, y no en forma de objetos materiales. Su obtención presupone, por tanto, fines distintos que la creación de objetos de consumo o de instrumentos de trabajo.

La actividad como trabajo afecta sólo a objetos con los que el hombre está directamente relacionado. La actividad cognoscitiva puede estar orientada hacia objetos no incluidos en el proceso de trabajo: fenómenos celestes, estado de salud de las personas, etc. Esto es posible gracias a que poco a poco los conocimientos y la actividad cognoscitiva se separan de los objetos y de los diversos hábitos de trabajo.

La actividad cognoscitiva incluye en sí la observación, la comparación, la selección y la clasificación de los objetos y sus propiedades, el recuerdo de los resultados obtenidos, la formación de enunciados y la unión de unos con otros, la construcción de determinadas conclusiones lógicas, etc. Desempeña un importante papel la aptitud para utilizar conocimientos obtenidos en forma

preparada de otras personas o de generaciones precedentes.

2. En el proceso empírico espontáneo del conocimiento no existen, por regla general, medios de cognición especiales; los instrumentos de trabajo son a la vez instrumentos que sirven para conocer el mundo circundante. Con su ayuda el hombre entra en contacto con los cuerpos de la naturaleza, los cambia y crea objetos de consumo. Al mismo tiempo descubre diversas propiedades de estos cuerpos: dureza, maleabilidad, impermeabilidad, etc., que era imposible descubrir sin utilizar instrumentos de trabajo.

Se convierte en un importante instrumento del conocer el lenguaje natural. La existencia del lenguaje es una premisa necesaria de toda actividad cognoscitiva. Mediante el lenguaje se designan los objetos diferenciados y sus propiedades, se consolidan los conocimientos. Mas para nosotros es más importante señalar la función cognoscitiva del lenguaje. Aunque las acciones mentales del hombre se llevan a cabo con el concurso del lenguaje, éste ha de diferenciarse de esas propias acciones mentales y de la facultad de realizarlas. Con ayuda del lenguaje, los objetos se introducen en el proceso de la reflexión; las palabras y las imágenes sustituyen a objetos que existen realmente, a sus propiedades e interacciones. En todas las operaciones mentales —en la comparación, en la clasificación, en la formulación de enunciados, etc.— la atención no se dirige hacia las palabras y las imágenes, sino hacia los objetos por ellas designados; las palabras y las imágenes son única-

mente medios especiales con los que es posible llegar a determinadas conclusiones respecto a objetos que existen realmente. Las conclusiones obtenidas se confrontan luego con los objetos que se han de conocer y sólo se escogen aquéllas que corresponden a propiedades realmente existentes, a interacciones de los objetos cognoscibles. Esas conclusiones se fijan en la conciencia y en la experiencia de las personas en forma de juicios o proposiciones que expresan conocimientos.

La formalización de las palabras, de las construcciones lógico-lingüísticas y de las imágenes da origen a tipos especiales de estandardización de las designaciones referidas a los objetos externos, a las acciones humanas y también a las comunicaciones, a los enunciados y a los razonamientos que se convierten en vehículos de los conocimientos acerca de los objetos. De esta suerte, el lenguaje hace posible no ya recibir y conservar los conocimientos, sino, además, intercambiarlos, recordarlos y comprobarlos.

3. Los objetos del proceso empírico espontáneo del conocimiento son ante todo los instrumentos y los objetos de trabajo. No es casual que la atención del hombre se dirija hacia estos cuerpos. Hay que gastar una cantidad enorme de energías y de tiempo para elaborarlos. En la caza es necesario estudiar y recordar la manera de comportarse de los animales; en la pesca, la de los peces y demás pobladores de las aguas; el cultivo de la tierra obliga a estudiar las propiedades del suelo; la domesticación y la cría de animales exige el conocimiento de sus particularidades, etc.

Los conocimientos relativos a los instrumentos y a los objetos de trabajo empiezan a transferirse a todos los objetos análogos de la naturaleza. De este modo, gradualmente, va ampliándose la serie de los objetos hacia los que se orienta la actividad cognoscitiva del hombre.

4. En el proceso empírico espontáneo del conocimiento, lo que se sabe existe en forma de juicios o aseveraciones, en forma de prescripciones de trabajo, aforismos y refranes en los que se plasma la experiencia multisecular del hombre.

Esos conocimientos no desaparecen después de que, basándose en ellos, se han producido unos objetos o se han realizado ciertas acciones. Con los conocimientos recibidos, el hombre obra de manera distinta que con los objetos que se producen. Todo conocimiento expresado mediante recursos lógico-lingüísticos existe aparte de los objetos o acciones a los que se refiere. En este sentido tiene cierta independencia. No obstante, siempre puede "transferirse", según sea su grado de certeza y exactitud, a otras acciones prácticas. Toda "receta" de trabajo se compone de conocimientos específicos y relativamente exactos. En estas "recetas" se indica: a) cuál debe ser el estado inicial de los instrumentos y objetos de trabajo que se utilicen; b) cuál debe ser el resultado final del proceso del trabajo; c) qué operaciones han de realizarse y en qué orden. En consecuencia, toda "receta" de trabajo puede dividirse en un sistema de reglas que determinan las operaciones desde los estados iniciales hasta los resultados finales. Gracias a ello no sólo es posible obtener resultados de un mismo

tipo, sino, además, transmitir los conocimientos adquiridos a otras personas que no hayan realizado antes las operaciones de trabajo correspondientes.

Toda conclusión (juicio, aseveración o sistema lógicamente organizado de aseveraciones) que exprese un saber, es aplicable a una clase entera de objetos, aunque pueda obtenerse operando sólo con uno de ellos. Por ejemplo, todas las "recetas" de trabajo sobre cultivos en agricultura se componc de aseveraciones que exponen programas especiales de lo que se ha de hacer en determinadas situaciones: "se tomarán tales o cuales semillas y se hará con ellas esto o lo otro; el suelo se preparará de tal manera; las semillas se sembrarán en tal época; los cuidados que se requerirán son tales y cuales, etc.". Del mismo modo se establecen las "recetas" de trabajo en la producción artesanal y en cualquier otro tipo de actividad laboral.

La posibilidad de seguir utilizando los conocimientos tiene por base el carácter monotípico de sus correlaciones con cierta clase de objetos, con ciertas condiciones de la acción, etc. El tipo de correlación se forma y se comprueba (se fija) en el proceso de la acción que se ejerce sobre el objeto. Gracias a ello el hombre puede controlar sus actos en el proceso del trabajo y al mismo tiempo comprobar los conocimientos recibidos. Esta es la razón de que los conocimientos formen parte del proceso empírico espontáneo del conocer. La relación de los conocimientos con los objetos que existen realmente y con la misma actividad humana se forma, se comprueba y se cambia en

el marco de dicho proceso; en este mismo proceso los conocimientos se van separando, poco a poco, de otros resultados de la actividad humana: de las representaciones religiosas, de la creación mitológica y de la creación artística.

No debe subestimarse el papel histórico del proceso empírico espontáneo del conocimiento. A medida que los instrumentos de trabajo se desarrollan y los lazos sociales se hacen más complejos, adquieren más trascendencia los conocimientos acerca del mundo y de las propias acciones humanas; la obtención y la utilización de conocimientos se convierte en una premisa muy importante de la actividad práctica del hombre. En el proceso empírico espontáneo del conocer se van formando los hábitos de obtención y conservación de conocimientos. Todavía hoy consumimos productos alimenticios descubiertos y empleados por el hombre a lo largo de muchos siglos. La medicina popular reunió conocimientos de suma importancia sobre las propiedades curativas de muchas plantas; se descubrieron la quinina, la cocaína, la efedrina y otros medicamentos, las propiedades medicinales del ginseng, de la rauwolfia serpentina, del limón, del escaramujo, del áloe y de otras plantas, así como las propiedades medicinales de muchas fuentes de aguas minerales y de muchos productos alimenticios. Todavía hoy mantienen su valor las diversas señales que permiten predecir los cambios del tiempo; tales señales se transmiten de generación a generación, se confirman y se precisan.

En el proceso empírico espontáneo del cono-

cer se adquirieron conocimientos que tuvieron gran importancia para el descubrimiento de la rueda hidráulica, de la vela, del molino de viento y para la obtención de numerosas razas de animales domésticos. Sobre la base del proceso empírico espontáneo del conocimiento se formaron, a lo largo de muchos siglos, hábitos de producción artesanal que todavía hoy conservan su valor.

4. La ciencia, forma especial del proceso del conocimiento

La ciencia como forma especial del proceso del conocimiento se constituye en la época en que surgen las clases y la lucha de clases. No nos es posible examinar aquí la historia de la ciencia. Es necesario, sin embargo, señalar varias causas y condiciones que influyeron muy poderosamente en su desarrollo. Con el nacimiento de las clases se produjo una nueva división social del trabajo: el trabajo intelectual se separó del trabajo físico. Esta división tenía un carácter clasista: las clases dominantes monopolizaron el trabajo intelectual, cuyas funciones principales eran: 1) organizar la producción material en la sociedad; 2) dirigir a la gente en el proceso del trabajo; 3) organizar un aparato estatal y dirigir su actividad cotidiana; 4) elaborar una ideología que permitiera fortalecer y santificar las relaciones de producción fundadas en el dominio de unas clases sobre otras, y 5) desarrollar la ciencia, el arte y otras esferas de la actividad espiritual.

Estas funciones no surgieron todas al mismo

tiempo. Así, ni en la sociedad esclavista ni en la feudal las clases dominantes se ocuparon especialmente, por lo común, de la tecnología de la producción material. Esto puede explicarse no sólo por la actitud despectiva de los esclavistas y de los feudales hacia el trabajo físico. La cuestión está en que la producción material, en aquella época, se llevaba a cabo mediante instrumentos de trabajo toscos, primitivos. Para producirlos y utilizarlos, bastaban los hábitos y el saber adquiridos en el proceso empírico espontáneo del conocimiento. Por esto durante largo tiempo hubo una técnica rutinaria y una tecnología primitiva de la producción. Las relaciones sociales esclavistas y feudales no creaban ni posibilidades ni estímulos profundos para el desarrollo de la tecnología de la producción. Es ahí, precisamente, donde hay que buscar las causas de la extrema lentitud con que se desarrollaron las ciencias naturales en aquella época histórica.

En la sociedad capitalista surge la actitud, completamente nueva, de la burguesía respecto a la tecnología y a la organización de la producción. El burgués, como propietario de los medios de producción, comprende que los cambios tecnológicos y de organización en el proceso del trabajo pueden ser una fuente de constante aumento de su riqueza, de sus posibilidades en la lucha competitiva, y un medio poderoso para presionar a la clase obrera. El perfeccionamiento de la tecnología y la organización de la producción material se convierten, por tanto, en una función muy importante del trabajo intelectual, función que

cumplen los representantes de la nueva clase de propietarios. La burguesía manifiesta un vivo interés por las ciencias naturales y empieza a crear condiciones para desarrollarlas. Esto conduce a la diferenciación de la actividad intelectual misma: empiezan a formarse grupos especiales de personas que se dedican a cumplir determinadas funciones concretas del trabajo intelectual. Esos grupos reciben una preparación especial. Así se van separando, poco a poco, individuos cuya función principal consiste en desarrollar la ciencia.

La ciencia se constituye como una forma especial del proceso del conocimiento en comparación con el proceso empírico espontáneo del mismo, lo que significa un cambio esencial de todos los elementos del proceso.

1. La actividad cognoscitiva, en la ciencia, corre a cargo de grupos de personas especialmente preparados (científicos, investigadores y colaboradores suyos). La forma en que se realiza y desarrolla esa actividad es la investigación científica.

2. En la historia de la ciencia se crean y se elaboran *medios de conocimiento* especiales: a) materiales (aparatos diversos, dispositivos experimentales, etc.); b) matemáticos (métodos de cálculo, teorías matemáticas, etc.); c) lingüísticos y lógicos (diversos lenguajes artificiales; reglas, especialmente elaboradas en lógica, de construcción de definiciones, de inferencias, de demostraciones, etc.). Esos medios se construyen y se utilizan para superar dificultades que surgen en el curso del descubrimiento y estudio de los objetos.

de sus propiedades y de sus características, o en la resolución de problemas científicos.

La aparición de los medios especiales de conocimiento fue de incalculable trascendencia para el desarrollo de la ciencia. En el proceso empírico espontáneo del conocer, el descubrimiento y el estudio de los objetos y sus propiedades, así como la comprobación de las conjeturas quedan limitados por los instrumentos de trabajo que se utilizan. Los medios de conocimiento especialmente creados en la ciencia superan en gran medida esas limitaciones.

3. La ciencia, a diferencia del proceso empírico espontáneo del conocimiento, empieza a estudiar no sólo los objetos con que el hombre opera en su práctica inmediata, sino, además, los que se descubren en el desarrollo de la misma ciencia. Con frecuencia el estudio de estos objetos precede a su utilización práctica. La historia de la ciencia nos ofrece de ello muchos ejemplos. Así, antes de utilizar prácticamente la electricidad, la radiactividad y la energía nuclear, se realizaron largos estudios de tales fenómenos. El desarrollo de la ciencia genera sus problemas, relativamente independientes, sus necesidades y sus formas de incluir los objetos en la investigación científica.

4. En la ciencia se empiezan a estudiar especialmente los resultados mismos de la actividad cognoscitiva: los conocimientos científicos. Surgen históricamente y se elaboran criterios según los cuales los conocimientos científicos pueden separarse de los empíricos espontáneos, de las opiniones, de los razonamientos idealistas especulativos,

de las representaciones religiosas, etc. En el proceso científico del conocimiento las leyes, las teorías y las hipótesis sólo se aceptan cuando satisfacen determinados criterios. Para dar expresión a los conocimientos científicos se utilizan no sólo el lenguaje natural, sino, además, medios simbólicos, lógicos y matemáticos especialmente creados.

Ni en la historia de la ciencia ni en el estado actual de esta última es posible examinar ninguno de esos elementos componentes al margen de su interacción. Esta ha de ser el punto de partida objetivo en el estudio de la actividad cognoscitiva de los científicos, en ella hay que basarse al planificar la preparación del personal científico y al determinar la efectividad de las investigaciones.

La especificación y el estudio de la estructura de la ciencia permiten examinarla como un proceso especial, hasta cierto punto independiente, del conocer. Todos los factores y condiciones sociales actúan, en último término, sobre los elementos de la estructura de la ciencia y su interacción. Los cambios en la ciencia misma se realizan en el marco y sobre la base de la estructura que le es inherente.

Tomemos, por ejemplo, los cambios en la organización de las investigaciones científicas. Durante largo tiempo, hasta comienzos del siglo XIX, impulsaban el desarrollo de la ciencia sobre todo investigadores que trabajaban, por regla general, con pequeños grupos de alumnos y de ayudantes. En la actualidad, la mayor parte de las investigaciones científicas corre a cargo de grandes colectividades de investigadores. ¿Cuál es

la causa de tales cambios? Cabe suponer, desde luego, que sólo ahora se tiene clara idea de las enormes posibilidades que ofrecen la división del trabajo en la ciencia y la cooperación de una gran cantidad de especialistas para resolver los problemas científicos y técnicos. Sin embargo, el análisis nos conduce a otras causas, más profundas: cambian los medios materiales de conocimiento y, en relación con ello, surgen nuevas formas de división del trabajo y de organización de las investigaciones científicas.

Durante mucho tiempo en las ciencias naturales se utilizaban medios materiales de conocimiento para cuya construcción, producción y utilización bastaban pequeños grupos de personas. Michael Faraday llevó a cabo sus investigaciones en un pequeño laboratorio con algunos ayudantes. En laboratorios análogos trabajaron Helmholtz, Mendeléiev y muchos otros científicos del siglo XIX. Eran muy modestos incluso los laboratorios de Thomson y de Pierre y Marie Curie, en los que se hicieron grandes descubrimientos.

En la actualidad, la envergadura de las investigaciones físicas ha crecido en proporciones colosales; cambios enormes se dan en la física, en la química y en otras ciencias naturales. Aumenta sin cesar la necesidad de medios materiales de conocimiento, medios que, a la vez, se complican incesantemente; a veces requieren la creación de laboratorios grandiosos. Para construir, producir y utilizar tales medios se necesitan grandes grupos de científicos, ingenieros, técnicos y obreros. Tomando como base algunos medios materiales de

conocimiento, se crean institutos enteros. Por ejemplo, el sincrofasotrón de Dubná de 10 beV requiere los servicios de centenares de científicos y de trabajadores altamente calificados. Para ampliar los trabajos de investigación científica ha sido necesario crear un centro de cálculo dotado de modernas computadoras y otros dispositivos auxiliares. El empleo de tales medios de conocimiento como el sincrofasotrón cambia sensiblemente el carácter de la organización del trabajo de investigación científica. Presupone una división muy precisa del trabajo en el seno de la colectividad de investigadores. La fundamentación y la planificación de los experimentos en los que se emplean medios tan costosos de conocimiento, adquieren una importancia esencial y exigen mucho tiempo y muchas energías de numerosos científicos.

También se producen cambios en la organización de los trabajos de investigación científica porque aumenta el volumen de los conocimientos que se requieren para fundamentar y resolver problemas. Las investigaciones del cosmos, el estudio de los procesos económicos y de otro tipo en la sociedad, la solución de problemas concernientes a la dirección de la vida social, etc., requieren la cooperación de científicos de distintas especialidades. El volumen de la información necesaria es tal que no hay forma humana de que puedan reunirla, y con mayor motivo analizarla, no ya científicos solos, sino ni siquiera científicos agrupados en pequeñas colectividades.

El desarrollo de la ciencia conduce a la divi-

sión de la esfera en que se obtienen los conocimientos respecto a la esfera de su consumo o aplicación. En esto la ciencia se distingue de manera esencial del proceso empírico espontáneo del conocimiento. En el marco de este proceso, los conocimientos pueden acumularse y conservarse por parte de pequeños grupos y hasta de individuos. "Si alguna cosa la conoce sólo un individuo y éste no comparte con nadie sus conocimientos, puede ocurrir, claro es, que nadie se entere"(11). A lo que parece, algunos resultados de la actividad cognoscitiva empírica espontánea han desaparecido para siempre (recetas de algunos colores, medicamentos, etc.).

En la ciencia, la actividad cognoscitiva corre a cargo de grupos especiales de personas. Cualesquiera que sean los cambios que se producen en tal actividad y en los resultados obtenidos, surge, aquí, una función completamente nueva: la transmisión de los conocimientos por parte de quienes los elaboran a quienes los consumen. Por esto los conocimientos en la ciencia siempre se fijan y se estudian especialmente desde el punto de vista de su volumen, de su exactitud, de los medios lógicos y lingüísticos de expresión, etc. Sin esto es imposible conservarlos, transmitirlos y utilizarlos unívocamente tanto en la misma ciencia, para ulteriores investigaciones, como fuera de la ciencia, en la esfera del consumo para la creación o el perfeccionamiento de los instrumentos de trabajo.

---

(11) *F. Machlup,* "Producción y distribución de conocimientos en los Estados Unidos", Moscú, 1966, pág. 43.

para dirigir a la gente, etc. La división entre esfera en que se obtienen y esfera en que se consumen los conocimientos científicos también se relaciona con la estructura de la ciencia como fenómeno hasta cierto punto independiente. Eso mismo condiciona muchos cambios en la actividad cognoscitiva de los investigadores.

CAPÍTULO III

LA ACTIVIDAD COGNOSCITIVA EN LA CIENCIA

1. La actividad cognoscitiva en la ciencia como objeto especial de investigación

Quien desarrolla la ciencia es, en definitiva, el hombre. Es indudable que la eficiencia de las investigaciones científicas no sólo depende de la cantidad de individuos ocupados en ellas, sino, además, del nivel de su preparación. Y desempeña, en esto, un importante papel, el conocimiento de las particularidades esenciales de la actividad cognoscitiva realizada en forma de investigación científica. En consecuencia, junto a las ciencias que estudian el progreso científico del conocimiento en su totalidad (la historia y la sociología de la ciencia, la ciencia de la ciencia, la economía de las investigaciones científicas, etc.), nacen disciplinas que estudian la actividad cognoscitiva en la ciencia (la metodología de la ciencia, la lógica de las investigaciones científicas, la psicología del conocimiento y de la creación científicos, etc.).

La investigación científica es un estudio sistemático, y orientado hacia un determinado fin, de

los objetos, estudio en el cual se utilizan medios y métodos científicos, y que culmina con la formulación de conocimientos acerca de los objetos estudiados. La historia del desarrollo de la ciencia es, a la vez, la historia de la formación de esta actividad cognoscitiva. El estudio y la elucidación de esta actividad constituyen una condición importante del desarrollo de la ciencia contemporánea.

¿De qué elementos se compone la investigación científica? ¿Qué dependencia existe entre ellos, y ¿es posible controlarla? ¿Qué preparación se requiere para realizar con éxito la investigación científica? Resolver estas cuestiones es de capital importancia para evaluar la efectividad de los resultados de la actividad cognoscitiva. Tal evaluación se apoya en la manera de entender las particularidades esenciales de la investigación científica.

Ahora bien, ¿cómo puede estudiarse la actividad cognoscitiva en la ciencia? No son pocas las dificultades que semejante estudio presenta. El carácter de la investigación científica depende en gran medida de la personalidad del científico, de su preparación, de su experiencia, de su interés y de su talento. Por otra parte no es sencillo, ni mucho menos, comparar la actividad de los científicos que trabajan en ciencias diferentes. Dificultan la elección de las bases de semejantes comparaciones, las diferencias existentes entre los objetos estudiados, entre los grados de desarrollo de los métodos y medios de conocimiento, entre el instrumental teórico y el lógico, etc. Los pro-

pios investigadores, en sus declaraciones, memorias e incluso en sus trabajos sobre filosofía de la ciencia suelen centrar su atención en cuestiones cuya solución exigiría de ellos muchas energías y mucho tiempo: a menudo sitúan en el primer plano sus propias opiniones, lo que les apasiona. sus propias búsquedas. Como indica con razón St. Toulmin[1], destacan ante todo las cuestiones a cuya solución han contribuido en importante medida. Semejante proceder conduce, indefectiblemente, a una singular confusión de proporciones y se dejan en la sombra numerosos problemas importantes. O sea que hasta la selección de los hechos característicos de la actividad cognoscitiva en la ciencia presenta dificultades.

Científicos hay que consideran la investigación científica como un tipo especial de arte[2], y agrupan ante todo alrededor de esta idea fundamental sus propias observaciones y las manifestaciones de los demás investigadores. Tal enfoque conduce asimismo a representaciones unilaterales. Desde ese punto de vista resulta difícil explicar y fundamentar las exigencias que se presentan a la investigación científica, estudiar sus premisas y las condiciones que el investigador ha de tener en cuenta conscientemente. No se puede negar el papel cognoscitivo de los hábitos indivi-

---

(1) St. *Toulmin*, "Philosophy of Science. An Introduction", N. Y., 1960, págs. 11-12.

(2) *W. H. George*, "The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods"; *W. I. B. Beveridge*, "The Art of Scientific Investigation", New York, 1951.

duales del científico, de sus capacidades, en especial de la imaginación, de la memoria, de la intuición, etc. Mas, tampoco es posible vincular solamente a tales rasgos la actividad cognoscitiva en la ciencia.

Fijémonos, además, en otra circunstancia. Los resultados definitivos de la investigación científica se exponen o formulan como ley, teoría o hipótesis, como descripción exacta del experimento, de la solución constructiva, etc. En ninguno de tales resultados se registran las acciones cognoscitivas que, para obtenerlos, ha realizado el experimentador. Los conocimientos formulados dejan como a la sombra el carácter de las acciones cognoscitivas, su sucesión, la dependencia de unas respecto a las otras; por los resultados obtenidos, no vemos qué tareas cognoscitivas formuló el investigador ni cómo las resolvió en el proceso del estudio del objeto, qué hipótesis utilizó y en qué orden, etc. De ahí que deba estudiarse por separado e independientemente, junto al examen de los resultados de la investigación científica, toda la compleja composición de las acciones cognoscitivas.

En toda ciencia, el investigador se ocupa de objetos específicos. La mecánica, por ejemplo, estudia el desplazamiento de los cuerpos en el tiempo y en el espacio; por tanto, en las teorías mecánicas sólo se destacan las características que permiten describir y explicar semejante desplazamiento. En particular, la mecánica clásica investiga el desplazamiento mecánico de los cuerpos —en relación de unos con otros— y sus inter-

acciones valiéndose de conceptos como: "fuerza", "masa", "aceleración", "velocidad", "impulso", "energía", etc. Estos conceptos se refieren a las correspondientes características, que existen realmente, de todo sistema mecánico en el macromundo.

La actividad cognoscitiva es un objeto distinto por completo de los que estudian el físico, el químico, el biólogo, el sociólogo, etc. Tiene otra estructura, en la que se forman sistemas especiales de conexiones, de dependencias, de premisas y de condiciones. La actividad cognoscitiva no puede separarse, describirse y explicarse mediante conceptos elaborados en la mecánica, en la física, en la química y en las ciencias que estudian los fenómenos sociales. Para ello se necesita un sistema de conceptos especial, que se elabora en la teoría del conocimiento, ante todo en la parte dedicada especialmente al estudio de la actividad cognoscitiva y sus resultados: en la metodología de la ciencia. En ella desempeñan también un importante papel conceptos como: "investigación científica", "problema científico", "tareas cognoscitivas", "métodos de conocimiento", "medios de conocimiento", "hecho", "conocimientos científicos", "métodos de comprobación empírica de los conocimientos científicos", "teoría", hipótesis", etc.

Al científico no le bastan, para desarrollar su actividad, los hábitos que pueden obtenerse mediante una preparación especial, por muy importantes que sean. En cualquier investigación científica es necesario conocer y saber controlar la dependencia entre el carácter de las acciones

cognoscitivas y los resultados obtenidos, entre las orientaciones, los criterios y las pautas conscientemente adoptados, por una parte, y el carácter de las acciones cognoscitivas por otra. También es necesario conocer el mecanismo de formación de los conceptos científicos, las premisas y las condiciones que influyen sobre su certeza, univocidad, etc., lo que sobre todo es importante al construir y al comprobar conceptos, teorías, hipótesis y la formulación de leyes científicas. Proporciona semejante conocimiento —de hecho, inicial en toda investigación científica—, sobre todo la teoría del conocimiento, y en particular la metodología de la ciencia. Es, precisamente, de este modo como la teoría del conocimiento ejerce una profunda influencia en el desarrollo de la ciencia. A su vez, el estudio de la actividad cognoscitiva resulta, también, de gran valor para el desarrollo de la teoría del conocimiento.

Indicaremos, finalmente, que la investigación científica no sólo se compone de acciones cognoscitivas observables, sino, además, de sistemas —diferentes por su estructura y por sus funciones— de razonamientos, pasos intuitivos, representaciones figuradas, etc., no susceptibles de observación directa. No siempre, ni mucho menos, se logra fijarlos con exactitud. Además, es precisamente en este ámbito donde se manifiestan con mayor brillantez las particularidades individuales de los investigadores. Todo ello dificulta la elaboración de métodos objetivos de estudio de la actividad cognoscitiva y repercute en el carácter de los conocimientos que obtiene la metodología de la ciencia.

Sin embargo, en toda investigación científica existen sistemas o niveles que se pueden destacar con métodos objetivos y que pueden estudiarse de modo análogo a como se estudian los otros objetos de la ciencia. Se trata, ante todo, de los medios y de los métodos de conocimiento que se utilicen. Son precisamente ellos los que constituyen el punto de partida para comprender el papel cognoscitivo de otras particularidades —todavía no susceptibles de fijación unívoca— de la actividad cognoscitiva de los investigadores (la intuición, la creatividad, etc.). De ahí que, junto al estudio objetivo de la actividad cognoscitiva, desempeñen en la ciencia un importante papel las observaciones de los propios investigadores acerca de cómo han llegado a sus descubrimientos, a sus soluciones e hipótesis. En este sentido, han de estudiarse con toda detención las declaraciones de muchos científicos relevantes sobre la teoría del conocimiento y los problemas de la metodología del conocimiento científico.

2. La actividad cognoscitiva en la ciencia y en el proceso empírico espontáneo del conocimiento

Difícilmente suscitará duda alguna la importancia metodológica del estudio comparativo de la actividad cognoscitiva en la ciencia y en el proceso empírico espontáneo del conocimiento. En la historia de la filosofía, los empíricos, tanto de orientación materialista como idealista, no siempre han prestado atención a las diferencias esenciales que existen entre esos tipos de actividad cognoscitiva.

Su identificación puede encontrarse asimismo en algunos representantes de las escuelas contemporáneas del positivismo, en particular entre quienes constituyen la escuela del análisis filosófico del denominado lenguaje corriente. Tal posición dificulta el estudio de las particularidades de la actividad cognoscitiva en la ciencia, de sus premisas y de sus resultados.

En muchas ciencias actuales, los investigadores se ocupan de objetos muy alejados de la experiencia cotidiana del hombre, formada en el proceso empírico espontáneo del conocer. Los objetos de la física cuántica, de la biología molecular y de otras ciencias no pueden observarse con los órganos de los sentidos de la misma manera que, en la vida diaria, observa el hombre los macrocuerpos: casas, árboles, vías férreas, etc. Ahí se requieren medios de conocimiento especiales. Por ejemplo, para descubrir y estudiar las denominadas partículas elementales, en la física cuántica se utilizan medios materiales de conocimiento especialmente creados: cámaras de registro, aceleradores, contadores, reactores, etc. Para expresar los conocimientos no sólo se utiliza el lenguaje natural, sino que se emplean, además, diversos lenguajes artificiales; hay que recurrir a hipótesis muy a menudo en discordancia con las representaciones y la experiencia cotidianas del hombre. Todo hace suponer que las diferencias entre la actividad cognoscitiva en la ciencia y la experiencia diaria de las personas aumentarán. Por esto las representaciones y la experiencia humana que se forman en el proceso empírico espontáneo del conocer, no

pueden considerarse como punto de partida o punto final con el que deban concordar la presentación de hipótesis, la formulación de leyes y teorías, la comprobación empírica y la fundamentación lógica de los conocimientos teóricos, la elaboración de lenguajes artificiales y de las reglas de su utilización, la búsqueda de modelos y otras acciones cognoscitivas de los investigadores.

En las ciencias naturales clásicas, la formulación de los principios en que se asentaban teorías e hipótesis, debía de atenerse a exigencias que aseguraban o presuponían la representación convincente de todas las conclusiones obtenidas. Se estimaba que la investigación científica debía apoyarse en la experiencia cotidiana de las personas y, en último término, tenía que concordar con ella. Insistir, hoy, en semejantes exigencias significa obstaculizar el desarrollo de la ciencia. Por esto a la formulación de los principios básicos se le presentan actualmente nuevas exigencias que, a su vez, han de ser objeto de circunstanciado estudio y fundamentación.

No hay que buscar sólo en la misma conciencia humana las causas de la diferencia, que se forma históricamente, entre la actividad cognoscitiva empírica espontánea y la investigación científica. Es indudable que tanto en una como en otra, interviene la conciencia humana. Existen por tanto razones para establecer una analogía entre ellas. Ahora bien, si nos detenemos en estas analogías, quedan en la sombra las diferencias esenciales entre estas especies de actividad cognoscitiva, así como las premisas y las condiciones que

dan origen a tales diferencias. En este punto, como hemos indicado más arriba, desempeñan un papel singularmente importante las condiciones y premisas no insertas en la propia conciencia humana. La actividad cognoscitiva es una parte de un proceso más complejo, del proceso del conocer; está incluida en él y depende del carácter de los elementos componentes del proceso así como de su interacción recíproca. Esta manera de enfocar la cuestión permite destacar, estudiar y explicar las diferencias entre la actividad cognoscitiva en la ciencia y en el proceso empírico espontáneo del conocimiento.

Tanto la actividad cognoscitiva en el proceso empírico espontáneo del conocimiento o actividad cognoscitiva cotidiana del hombre(*), como la actividad cognoscitiva en la ciencia o investigación científica están orientadas hacia la diferenciación y el estudio de los objetos reales. Estos objetos se convierten en objetos de conocimiento. Mas precisamente en los procedimientos de diferenciación de tales objetos y en los métodos de su inclusión en el proceso del conocimiento, se descubren las diferencias importantes de esos tipos de actividad cognoscitiva.

En ambos casos dicha actividad se orienta hacia objetos incluidos en la práctica social. Vencer las dificultades y resolver los problemas que

---

(*) A veces se emplean los conceptos de "conocimiento habitual", "experiencia cotidiana de las personas", y otros; en el presente trabajo, utilizaremos el concepto de "actividad cognoscitiva cotidiana".

en la práctica surgen ante el hombre siempre representa un importante estímulo para el desarrollo de las investigaciones científicas. Sabido es que las necesidades prácticas contribuyeron al nacimiento de la astronomía, de las matemáticas, de la geografía y de otras ciencias. En los siglos XVIII y XIX, la necesidad de construir y utilizar máquinas llevó al estudio de diversas propiedades de los "cuerpos físicos y de la forma en que se manifiestan las fuerzas de la naturaleza"(3). Espoleó con singular eficacia las investigaciones científicas, la necesidad de nuevas fuentes de energía. También ese tipo de necesidades inciden poderosamente sobre la ciencia.

Sin embargo, en el curso del desarrollo de la ciencia se forman las premisas y las condiciones para que se destaquen y estudien objetos no incluidos directamente en la actividad práctica del hombre. Por lo visto, el volumen de las investigaciones científicas dirigidas hacia tales objetos se incrementa a medida que la ciencia se desarrolla. Así, ni los fenómenos eléctricos ni los magnéticos recibieron amplia aplicación práctica hasta comienzos del siglo XIX. Las posibilidades de su utilización práctica surgen sólo en la primera mitad del siglo XIX como resultado de un cuidadoso estudio científico. Los avances de la física y de la química a finales del siglo XIX y a princi-

---

(3) *F. Engels,* Prólogo a la edición inglesa de la obra "Del Socialismo Utópico al Socialismo Científico". *C. Marx* y *F. Engels,* "Obras", t. XXII, pág. 307. (*F. Engels,* "Anti-Dühring", Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1961, págs. 421-448).

pios del XX conducen a la distinción y al estudio del micromundo; la utilización práctica de los fenómenos y procesos de esta zona de objetos completamente nueva también resulta posible sólo gracias a minuciosas investigaciones científicas. El desarrollo de las matemáticas, en particular del V postulado de Euclides sobre las paralelas, conduce, en la primera mitad del siglo XIX, al estudio de los denominados espacios no euclidianos (Lobachevski, Bolyai, Gauss, Helmholtz y otros). Es imposible hallar, en la primera mitad del siglo XIX, aplicaciones prácticas de ningún género para esas investigaciones: su necesidad y posibilidad surgen a medida que se desarrollan las propias ciencias matemáticas. En la historia de cada ciencia pueden hallarse numerosos ejemplos análogos.

Los científicos buscan conscientemente en la investigación objetos de conocimiento. Y no sólo —ni tanto— debido a su curiosidad, aunque a ésta también le corresponde su papel. En la ciencia existen razones de más peso para la búsqueda de objetos con un fin determinado. Ninguna investigación termina con la diferenciación de determinados objetos o de sus características. Al contrario, con esto sólo empieza. El científico procura dar una explicación de aquello que ha diferenciado; para ello es importante hallar las vías que permiten dirigir, y los métodos que permiten pronosticar el comportamiento de los objetos que se estudian, es importante descubrir las causas de ese comportamiento, formular las leyes que la rigen. Precisamente es en la resolución de estas cuestiones donde choca con las mayores dificul-

tades: ¿Dónde buscar las causas de los fenómenos observados, por ejemplo de la aparición de las sombras de los objetos cuando brilla el sol, de la aparición de ondas en la superficie del agua cuando se arrojan objetos en ella, de los rayos y del trueno, etc.? ¿Qué propiedades, mecanismos o procesos concretos generan semejantes fenómenos? ¿Cuáles son las características concretas de mayor importancia en la acción de una determinada ley?

¿En qué consiste la particularidad de semejantes preguntas? La historia de la ciencia nos indica que la diferenciación y el estudio de *unos* objetos en la investigación científica conduce necesariamente a la diferenciación y al estudio de *otros* objetos. El estudio de las causas de que aparezcan sombras de los objetos cuando brilla el sol requirió diferenciar y estudiar en especial el rayo de luz, su estructura, sus propiedades, incluidas la dirección y la velocidad de la difusión. El rayo de luz es un nuevo objeto de investigación respecto a la luz en general. La distinción del rayo de luz en calidad de objeto especial de estudio permitió formular el principio: la luz se difunde rectilíneamente. También se diferencian nuevos objetos al estudiar las causas de que aparezcan ondas en la superficie del agua, las causas que dan origen al rayo y al trueno. En toda investigación científica surgen necesariamente no sólo la posibilidad, sino, además, la necesidad de pasar de objetos ya descubiertos a otros nuevos. Ante todo en esto, precisamente, se manifiesta la relativa independencia del proceso científico del conocer respecto a la actividad práctica.

La diferenciación de nuevos objetos constituye una parte en extremo laboriosa del trabajo del científico. Presupone la clasificación de los objetos que se estudian y de sus propiedades. En las ciencias que investigan el micromundo surge un nuevo problema, muy importante: el del reconocimiento e identificación de objetos (qué partícula elemental concreta ha dejado huella en la placa fotográfica o en la cámara, etc.). Esta es la razón de que el conocimiento de los métodos de inserción de los objetos en la investigación científica constituya una premisa necesaria de la actividad cognoscitiva del científico. En la actividad cognoscitiva cotidiana tales dificultades, por regla general, no surgen.

A diferencia de la actividad cognoscitiva cotidiana, la investigación científica posee un carácter sistemático y adecuado a un fin. El investigador no se detiene en los conocimientos obtenidos al resolver tareas prácticas o al superar dificultades. La investigación científica se dirige hacia la resolución de problemas formulados conscientemente como un fin que ha de ser alcanzado en el curso de la investigación; a su comprensión y a la búsqueda de vías para realizarla se subordinan todas las acciones cognoscitivas del científico; del carácter del problema depende en gran medida la composición de las acciones cognoscitivas. Por ejemplo, Maxwell, en su tiempo, investigaba la conexión existente entre los fenómenos eléctricos, los magnéticos y los luminosos. Antes, esos fenómenos se consideraban como independientes unos de otros y se estudiaban por sepa-

rado. Había que examinarlos desde un nuevo punto de vista. Se dio una nueva dirección a todas las acciones cognoscitivas: había que confrontar con toda minuciosidad los fenómenos que se estudiaban, había que encontrar lo que había en ellos de común y lo que los diferenciaba, había que realizar, con este fin, observaciones, experimentos y mediciones. Para resolver el problema, Maxwell presentó una hipótesis: los fenómenos eléctricos, magnéticos y luminosos tienen una naturaleza electromagnética única. La hipótesis resultó fecunda y condujo a la solución del problema planteado: se descubrió la naturaleza única de esos fenómenos y se establecieron las leyes, iguales, que los rigen.

La formulación de un problema científico es una acción cognoscitiva muy compleja. A menudo su planteamiento correcto se convierte en un estímulo para nuevas investigaciones, pasa a ser un índice del progreso de la ciencia. Por otra parte, los científicos nunca se desentienden de los problemas sin resolver. Cada nueva generación vuelve a ellos una y otra vez, los estudia; a veces los incluyen en nuevas investigaciones, formulados de otro modo.

Un problema científico se puede considerar como búsqueda de un resultado desconocido todavía. Puede formularse en forma de pregunta: "¿Cuáles son las causas de tales fenómenos (por ejemplo, de las enfermedades cancerosas, de la migración de los animales, etc.)?"; "¿Hay vida en los otros planetas del sistema solar (por ejemplo, en Marte o en Venus)?", etc. También puede

expresarse en forma de indicación: "hállense los procedimientos de resolución de esto o aquello" (por ejemplo, procedimientos de dirección de las reacciones termonucleares, procedimientos para hacer potable el agua del mar o para evitar la contaminación de la atmósfera terrestre, etc.); "hállense las leyes que rigen tales o cuales procesos" (por ejemplo, el crecimiento de los cristales, la evolución de las especies vegetales y animales, etc.); "fórmese una teoría o una hipótesis que explique una determinada serie de hechos", etc.

Un problema científico presupone que en el momento dado no son todavía conocidos los caminos, los métodos y los medios de su resolución. Por esto, precisamente, al formularlo, el investigador ha de estudiar si puede resolverse o no, y para ello necesita saber qué exigencias ha de satisfacer un problema susceptible de resolución, en qué se distingue de los ejercicios propios de los razonamientos especulativos, como por ejemplo los teológicos. Es en la manera de comprender tales cuestiones en lo que se pone de manifiesto, ante todo, la preparación del investigador. Para llegar a verlas con claridad, se requiere a menudo un gran esfuerzo y mucho tiempo. Lo que se convierte en objeto de estudio no son los fenómenos mecánicos, físicos, químicos, biológicos o sociales, sino el problema mismo como elemento componente de la investigación científica y las exigencias que se presentan a su formulación.

Un problema científico ha de formularse en conceptos científicos, o sea, partiendo de sistemas elaborados de conocimientos asimismo científicos.

Cualesquiera que sean las nuevas causas, los nuevos hechos y las nuevas direcciones de las investigaciones a que el problema se refiera, el investigador, en último término, ha de partir de conocimientos científicos establecidos, de maneras científicas, ya formadas, de abordar los fenómenos de estudio. Los conocimientos establecidos desempeñan una función muy importante: gracias a ellos es posible coordinar unívocamente un problema científico con los objetos descubiertos o supuestos. Además, todo problema en principio susceptible de resolución, presupone necesariamente el estudio de las posibilidades próximas y remotas de su resolución, la utilización de métodos y medios científicos de conocimiento, tener en cuenta en qué medida y cómo se domina el objeto de estudio. Independientemente de la respuesta que se dé a estas preguntas, en general es imposible afirmar si un problema dado es en principio resoluble o no. La historia de la ciencia y de la aplicación práctica de los conocimientos científicos desempeña al respecto un papel de excepcional importancia. Por ejemplo, se ha demostrado hace ya tiempo que es imposible inventar un "perpetuum mobile" (movimiento perpetuo); no es razonable, por consiguiente, formular nuevos problemas relacionados con su creación o con la búsqueda de posibilidades, no estudiadas todavía, para construirlo. Semejante conclusión se funda no sólo en una gran cantidad de fracasos prácticos en los intentos de crear una máquina de ese tipo, sino, además, en cálculos teóricos.

Con frecuencia los nuevos problemas, en la

ciencia, conducen a una seria revisión de las representaciones existentes. En tales casos, fundamentar la posibilidad o imposibilidad de que en principio los problemas puedan resolverse presenta grandes dificultades. No obstante, es absolutamente necesario: de tal fundamentación dependerá en esencial medida la atención que los investigadores concedan a esos problemas.

En la ciencia hay que distinguir, ante todo, tres tipos principales de investigaciones en función del carácter de los objetos que se estudien y, sobre todo, de los problemas que se resuelvan(*). Son:

1. Investigaciones teóricas fundamentales. Los problemas científicos formulados y examinados en estas investigaciones se orientan hacia la búsqueda de ideas, vías y métodos de conocimiento y elucidación nuevos por principio. Su solución requiere un análisis profundo de los sistemas elaborados de conocimientos científicos: teorías, leyes e hipótesis, un estudio crítico de las posibilidades cognoscitivas de los métodos y medios de conocimiento que se utilicen; se presta mucha atención a los fundamentos en que se apoyan los nuevos problemas. Así fueron las investigaciones de Mendeléiev relacionadas con el descubrimiento de la ley periódica, los trabajos de Maxwell en electrodinámica, los de Einstein en el campo de

(*) No consideramos esta clasificación como completa o acabada, sino tan sólo como necesaria para los fines de nuestra investigación. Para otros fines, pueden resultar útiles otros criterios de clasificación.

teoría especial y de la teoría general de la relatividad, la creación de la hipótesis cuántica, obra de Planck, las búsquedas que realizó Pávlov para encontrar nuevos caminos y métodos de estudio de los procesos psicofisiológicos. Muchas investigaciones de Louis de Broglie, Niels Bohr, Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger, Max Born, Paul Dirac, Vladímir Fock y otros científicos en mecánica cuántica también poseen un carácter fundamental.

2. Investigaciones teóricas orientadas hacia un objetivo determinado. Por regla general, en estos casos el científico se encuentra con problemas teóricos ya formulados. Sus esfuerzos pueden tender hacia el estudio crítico de soluciones anteriormente propuestas, hacia la modificación, la precisión o la comprobación empírica de leyes, teorías o hipótesis aceptadas en la ciencia. Para el desarrollo de cualquier ciencia, ese tipo de investigaciones se aplican en separar, de todo el conjunto de información relativa a los objetos que se estudian, conocimientos científicos establecidos con exactitud. Constituye un importante objetivo de ese tipo de investigaciones el establecer una divisoria entre conocimientos comprobados y conocimientos hipotéticos, comprender nuevos problemas, nuevos "puntos de crecimiento". Sin un trabajo de esta clase resultarían imposibles las investigaciones teóricas fundamentales.

Por regla general, los problemas científicos nuevos por sus principios surgen cuando las soluciones propuestas resultan limitadas y no concuerdan con hechos nuevos; en tales casos, la atención

de los investigadores se orienta necesariamente hacia el análisis crítico de las teorías ya elaboradas o de las leyes formuladas, hacia la búsqueda de nuevas soluciones. Por ejemplo, a finales del siglo XIX y comienzos del XX fueron objeto de un cuidadoso estudio experimental y teórico las radiaciones electromagnéticas de los cuerpos sometidos al calor. Al explicar estas radiaciones y sus interacciones con la sustancia, se partía de los principios teóricos de la mecánica clásica, de la física estadística y de la electrodinámica. Pero surgieron grandes dificultades. En consonancia con esas teorías, la radiación y la absorción se consideraban como procesos continuos. Al mismo tiempo, minuciosos experimentos y mediciones no confirmaban esta continuidad. Por otra parte, el análisis del equilibrio térmico entre la radiación y el cuerpo recalentado conducía a conclusiones paradójicas. Resultaba que la energía de la radiación tenía que ser infinita, y esto significaba que no podía establecerse el equilibrio. La hipótesis cuántica de Planck y su subsiguiente fundamentación y desarrollo van unidos a la superación de tales dificultades.

Las investigaciones teóricas fundamentales de Einstein en el campo de la teoría especial y de la teoría general de la relatividad también se hallan relacionadas con las dificultades que presentaba la comprobación empírica de problemas ya formulados. En este caso desempeñó un importante papel el experimento de Michelson-Morley. Se vio claramente que no era posible descubrir ni el movimiento de los cuerpos respecto al éter ni el

movimiento del propio éter. Y esto fue lo que exigió una revisión a fondo de numerosas representaciones de la mecánica clásica: sobre el carácter absoluto del tiempo y del espacio, sobre la medición, etc. A final de cuentas, en cualquier ciencia puede observarse la conexión entre las investigaciones teóricas fundamentales y las orientadas hacia un objetivo determinado.

3. Investigaciones y estudios aplicados. Se orientan hacia la utilización práctica de las leyes y teorías formuladas, es decir, hacia la búsqueda de métodos de aplicación práctica de fuentes nuevas o ya conocidas de energía, de procedimientos para crear nuevos instrumentos de trabajo, nuevos medios materiales de conocimiento, nuevas sustancias, etc. No es difícil comprender que tales investigaciones no sólo son importantes para la economía nacional, sino, además, para el desarrollo de la misma ciencia. Con frecuencia ellas mismas conducen a nuevos descubrimientos.

El nexo entre las investigaciones científicas fundamentales y las orientadas hacia un fin determinado, por una parte, y las investigaciones aplicadas por otra, cambia constantemente en la ciencia contemporánea. Ochenta o noventa años atrás, casi todos los tipos de investigación teórica se hallaban directamente enlazados con la aplicación práctica de conocimientos que no requería acciones cognoscitivas especializadas. Ahora la situación cambia. En la ciencia contemporánea, muchas investigaciones teóricas no están directamente vinculadas a la esfera de las investigaciones y estudios aplicados, y con frecuencia su utilización

práctica lleva a resultados imprevistos. En estas condiciones, para comprender bien el valor que para la práctica puedan tener los resultados teóricos hay que recurrir a una cantidad ingente de trabajo de investigación. Por ejemplo, a finales del siglo pasado y comienzos del actual, era difícil predecir los posibles resultados del descubrimiento del electrón o de la radiactividad. Las dificultades de semejante predicción no han disminuido ni siquiera ahora, en el siglo XX, cuando se ha reducido sensiblemente el tiempo entre los descubrimientos científicos y su utilización práctica. Es imposible, por ejemplo, inmediatamente después de descubrir una nueva partícula elemental, predecir a qué cambios puede conducir, tal descubrimiento, en la ciencia y en la producción material.

A la comprensión y resolución de problemas científicos van unidos descubrimientos(*) o resultados de investigaciones que enriquecen a la ciencia con el conocimiento de hechos nuevos por los principios en que se asientan(4) (por ejemplo, el descubrimiento del electrón y de otras partículas elementales, el descubrimiento de la radiactividad, etc.), con nuevos principios (por ejemplo, con los principios de la conservación de la masa, de la

---

(*) No entra en nuestra tarea el análisis de los denominados descubrimientos casuales. Téngase en cuenta, no obstante, que tales descubrimientos únicamente son casuales respecto a determinados fines concretos de la actividad cognoscitiva de los investigadores, pero no respecto a los problemas científicos en general.

(4) Ver *P. V. Kopnin*, "Las ideas filosóficas de V. I. Lenin y la lógica", Moscú, 1969, pág. 288.

energía, de la carga, etc.) con leyes y teorías. En la ciencia, cualquier descubrimiento se entiende y se evalúa desde el punto de vista de todo el sistema de los conocimientos científicos, de las direcciones, históricamente formadas, de las investigaciones científicas, de los métodos y medios de conocimiento.

En la historia del proceso empírico espontáneo del conocer, también ha habido importantes descubrimientos: el invento de la rueda, de la vela, del molino de agua y del molino de viento, el descubrimiento y la utilización de nuevos productos alimenticios, de hierbas medicinales, etc. Los conocimientos contenidos en las "recetas" de trabajo pueden ser de un alto grado de exactitud; gracias a ello es posible utilizarlos en la práctica y transmitirlos a otras personas. Gran parte de tales conocimientos se expresa en forma de proverbios y aforismos. El ilustre matemático norteamericano D. Poia, en el libro *Cómo se resuelve un problema* escribe: "hay muchos proverbios que caracterizan, con sorprendente exactitud, las vías típicas de la resolución de problemas, procedimientos ingeniosos fundados en el sentido común, subterfugios y errores corrientes. En los aforismos, hay muchas manifestaciones penetrantes y hasta exactas, aunque no constituyen, como es obvio, un sistema científico bien articulado y lógico"(5). Poia separa ante todo los proverbios y los aforismos en los que se encuentra acumulada la experiencia en la resolución de diversos problemas: formación

(5) *D. Poia*, "Cómo se resuelve un problema", Moscú, 1961, págs. 99-100.

de un plan, búsqueda de medios de resolución, elección, entre varios caminos posibles, del que conviene seguir para resolver un problema[6]. Junto a ellos, desempeñan un importante papel los proverbios y aforismos que generalizan la experiencia social de las personas, las representaciones acerca del pasado de la historia, etc.

Ahora bien, semejantes descubrimientos y los conocimientos de ese tipo no pueden considerarse como resultado de haber dado solución a problemas conscientemente planteados. Por otra parte, tampoco se han sometido a ningún estudio subsiguiente sistemático; no se han buscado, partiendo de ellos, posibles conclusiones que enriquecieran el saber, ni tampoco métodos y medios para obtenerlas. Una diferenciación insuficientemente precisa de los conocimientos y de las acciones prácticas ha dificultado el estudio de las posibles aplicaciones prácticas de determinados descubrimientos. Finalmente, en la actividad cognoscitiva cotidiana no existen criterios de ninguna clase para formular y comprobar los conocimientos.

El estudio sistemático de todas estas cuestiones es, por el contrario, una importante premisa de la actividad cognoscitiva de los investigadores y del desarrollo de la ciencia en su conjunto. En la investigación científica, se presentan determinadas exigencias a la formulación de los conocimientos. El científico necesita estudiar y conocer las condiciones y premisas que influyen sobre la verdad objetiva de los conocimientos científicos; se

---

(6) Ver ibídem.

presentan determinadas exigencias a la formulación de una ley, a la construcción de una teoría y de una hipótesis. Esas exigencias cambian históricamente, mas en cada etapa del desarrollo de la ciencia los investigadores parten de ellas. En la ciencia contemporánea, los investigadores han de operar con un volumen colosal de conocimientos, y sin analizarlos minuciosamente no hay posibilidad de utilizarlos con eficacia. Ello explica que resulten de singular importancia las exigencias que se presentan a la formulación y a la comprobación empírica de los conocimientos científicos.

En la ciencia, cada objeto diferenciado que se estudia, se describe y explica mediante sistemas especiales de conceptos. La función cognoscitiva de tales sistemas es extraordinaria. Sin ellos no habría modo de incluir los objetos en la investigación, formular problemas, llevar a cabo un estudio sistemático dirigido hacia un objetivo, estructurar una explicación, fundamentar lógicamente y comprobar empíricamente los conocimientos obtenidos.

Los conocimientos científicos poseen las siguientes particularidades esenciales:

1) un carácter específico, es decir, se refieren a una esfera concreta de objetos (a hechos delimitados, a sus características, etc.);

2) comprobabilidad empírica, es decir, tienen propiedades que permiten establecer, recurriendo a métodos y medios de conocimiento elaborados en la ciencia, el grado concreto de certidumbre y exactitud de los conocimientos;

3) sistemicidad, es decir, una dependencia lógica entre los conceptos en el seno de un sistema

singular de conocimientos y entre diversos sistemas de los mismos, que se crea y se comprueba mediante recursos lógicos concretos del conocer (reglas de construcción de definiciones, inferencias, demostraciones, etc.). En la elaboración y formulación del carácter sistemático de los conocimientos científicos desempeñan un importante papel los medios matemáticos de conocimiento. Las dependencias teóricas formuladas en forma matemática reciben una expresión cuantitativa unívoca; los aparatos matemáticos que se utilizan se convierten en un medio para construir inferencias lógicas.

3. Tareas cognoscitivas de la investigación científica

Según parece, la actividad cognoscitiva cotidiana no se descompone en especies concretas de tareas cognoscitivas; en ella no existen planes o esquemas de ningún género elaborados para la obtención de conocimientos acerca de los objetos que se estudien, métodos de conocimiento a los que conscientemente se recurra.

En la investigación científica, la delimitación de las tareas cognoscitivas desempeña un importante papel de principio. Dichas tareas, en sus líneas más generales, pueden definirse como etapas necesarias en la resolución de los problemas científicos. Se formulan como finalidades concretas gracias a las cuales la resolución de un problema se divide en pasos cognoscitivos singulares que se realizan según un orden determinado, adoptado

conscientemente, y con ayuda de los correspondientes métodos de conocimiento. Las tareas cognoscitivas organizan todas las acciones de los investigadores en un sistema único dirigido hacia un fin, lo cual permite controlar y concordar entre sí los resultados obtenidos en las diversas etapas de la investigación. A cada especie de tareas cognoscitivas le corresponden una determinada composición de acciones cognoscitivas tanto con el objeto como también con los conocimientos que acerca de él se tengan, determinados medios y métodos de cognición.

Sería un error presentar unas mismas exigencias a las acciones cognoscitivas prácticas que se realizan con los objetos de estudio y a las operaciones con diversos tipos de conocimientos científicos acerca de dichos objetos; por otra parte es necesario diferenciar las operaciones con conocimientos y las operaciones con medios lógico-matemáticos de cognición. Se halla relacionado con la diferenciación de las tareas cognoscitivas el conocimiento de las condiciones necesarias y suficientes para el estudio de los objetos y para la formulación de las distintas especies de saber. Gracias a todo ello, el científico puede planear la investigación, controlar sus acciones cognoscitivas y obtener los resultados deseables en cada etapa concreta de la investigación.

Tres son los especies de tareas cognoscitivas a las que corresponde un papel de singular trascendencia: las empíricas, las teóricas y las lógicas.

Las tareas cognoscitivas empíricas consisten en descubrir, estudiar cuidadosamente y describir con

exactitud los hechos concernientes a los objetos de estudio. La delimitación y la selección de los hechos que caracterizan a unos determinados objetos constituyen una etapa muy importante de la investigación científica. No hay reflexiones que puedan sustituir a ese tipo de actividad cognoscitiva. En la historia de la ciencia, para resolver las tareas cognoscitivas empíricas se elaboran métodos especiales de conocimiento: la observación, el experimento y la medición. La observación es el método que se usa cuando el científico no puede o no quiere inmiscuirse en la conducta del objeto estudiado, y sólo fija las propiedades del objeto, sus características, sus cambios, etc. La observación se utiliza ampliamente en astronomía, medicina, psicología y otras ciencias. En el experimento como método especial de cognición, el científico interviene de manera consciente en el comportamiento del objeto; para ello, valiéndose de medios materiales de conocimiento, crea nuevas condiciones o las modifica con el fin de descubrir las propiedades, las características, las dependencias y otras particularidades de los objetos. En el experimento, el investigador puede transformar, con un determinado fin, los objetos que estudia e incluso puede crear objetos nuevos. Ese método permite descubrir de qué modo el cambio de una magnitud provoca el cambio de otras magnitudes y, por ende, predecir tales cambios. La medición es el método con que se obtienen datos cuantitativos sobre los objetos estudiados. El descubrimiento de las características cuantitativas no es un fin en sí; el investigador no se circunscribe nunca a él. En la

investigación científica, lo importante es utilizar los datos cuantitativos para obtener nuevos hechos para descubrir teorías e hipótesis. Toda medición puede considerarse como un tipo especial de comparación de características fijadas, comparación que se lleva a cabo utilizando unas escalas, unas medidas o unos símbolos admitidos. La medición comprende ante todo dos tipos de acciones cognoscitivas relativamente independientes: la evaluación numérica de la magnitud que se mide y la comprobación empírica de la seguridad o de la objetividad de las mediciones. Toda medición ha de partir de un sistema exactamente definido de las unidades con que se lleva a cabo.

Los métodos empíricos de conocimiento tienen varias particularidades comunes: a) se utilizan para estudiar objetos ya descubiertos e incluidos en las investigaciones científicas o para descubrir y fijar objetos supuestos; b) presuponen necesariamente determinadas operaciones prácticas tanto con los mismos objetos que se estudian como con los medios materiales que se utilicen; c) los resultados de las observaciones, de los experimentos y de las mediciones se incluyen siempre en la investigación científica mediante un lenguaje que permita fijar con exactitud las características, los estados, los cambios, etc. observados; casi siempre esto se hace en forma de descripción de los hechos descubiertos.

La resolución de las tareas cognoscitivas empíricas exige de los investigadores esfuerzos enormes, hábito y mucha paciencia. A veces hacen falta muchos años para obtener y comprobar nue-

vos hechos. A guisa de ejemplo suele aducirse el descubrimiento de nuevas partículas elementales en la física cuántica o de la sustancia hereditaria en la genética. En esencia, los investigadores se encuentran con semejantes dificultades en todas las ciencias: en historia, en sociología, en biología, en química, etc. Muy a menudo en la ciencia encontrar nuevos hechos lleva a descubrir nuevos objetos (descubrimiento de la radiactividad a raíz del oscurecimiento de las placas fotográficas, etc.). Tales descubrimientos se han denominado empíricos[7] y desempeñan un papel de suma importancia. Por ejemplo, con el descubrimiento y el estudio de los rayos Roentgen (1895), del fenómeno de la radiactividad (1896) y del electrón (1897) se inició el tránsito de la física clásica a la física contemporánea y a toda la ciencia natural de nuestra época.

Muchos descubrimientos empíricos no sólo introducen nuevos objetos y nuevos hechos en la investigación científica; a menudo se convierten en punto de partida para elaborar nuevos medios materiales de conocimiento. Así ha ocurrido, por ejemplo, con los rayos Roentgen, con la radiactividad, con los rayos catódicos, etc. Estos descubrimientos hicieron posible realizar observaciones, mediciones y experimentos complicados que han condicionado en gran medida el desarrollo de toda la ciencia natural contemporánea. El detenido estudio de las desviaciones que sufren los rayos

(7) Ver *B. M. Kédrov*, "Sobre la teoría del descubrimiento científico". "La creación científica", Moscú, 1969, pág. 27.

catódicos bajo la acción de campos magnéticos permitió a Joseph John Thomson establecer la relación de la carga del electrón con su masa $\left(\frac{e}{m}\right)$. Señalaron una importante etapa en el desarrollo de la física los experimentos de Millikan, gracias a los cuales fue posible hallar la magnitud de la carga del electrón. Después, partiendo de la relación ya establecida de la carga del electrón con su masa, se determinó la masa del mismo. Todo el desarrollo ulterior de las investigaciones en física se apoyó en esos hechos. Pávlov no sólo descubrió la existencia de los reflejos condicionados: los convirtió en punto de partida para el estudio objetivo de los procesos psicofisiológicos. La historia del desarrollo de cualquier ciencia se halla en gran parte determinada por semejantes descubrimientos.

Los fines de las tareas cognoscitivas teóricas, o del estudio teórico, reciben distinta interpretación tanto entre los propios investigadores como en filosofía. Y ello no es casual. A la vez que se amplían y precisan los sistemas de conocimientos, a la vez que se descubren y se estudian objetos cualitativamente nuevos, cambian las representaciones sobre el carácter y los criterios de esa especie de tareas cognoscitivas. Ya Engels indicaba que en cada época los productos del pensamiento teórico toman una forma históricamente concreta[8]. Para el análisis de las tareas cognoscitivas

(8) Ver F. *Engels*, "Sobre la dialéctica", del

teóricas y de los conocimientos asimismo teóricos, se elaboran diversos principios, criterios y métodos. Pese a la diversidad de enfoques, es posible distinguir, en ese tipo de tareas cognoscitivas, particularidades comunes. En primer lugar, esas tareas están relacionadas con el descubrimiento y el estudio de causas, conexiones, dependencias e interacciones concretas, que permiten explicar el comportamiento de los objetos estudiados. En este sentido, las tareas cognoscitivas concretas, lo mismo que las empíricas, están relacionadas con objetos reales. En segundo lugar, en la solución de esta especie de tareas, el investigador siempre se ve obligado a ir más allá de los límites de las características directamente observables. Construye y fundamenta hipótesis sobre las causas o los "mecanismos" concretos que provocan los cambios observables y, por ende, hacen posible la explicación de los hechos establecidos. En tercer lugar, el investigador formula conocimientos teóricos de modo que resulte posible comprobarlos empíricamente. Esto atañe igualmente a la ley, a la teoría o a la hipótesis.

En la resolución de las tareas cognoscitivas teóricas desempeñan un importante papel los métodos lógicos de conocimiento: el análisis, la síntesis, la analogía, la modelación y otros. La explicación de los cambios observables o de los hechos establecidos se efectúa, en este caso, por

primitivo prólogo para el "Anti-Dühring". C. *Marx* y *F. Engels*, "Obras", t. XX, pág. 366. (*F. Engels*, "Anti-Dühring", edición citada, págs. 399-408).

vía lógica(*). Para ello hay que formar diversas conjeturas, construir hipótesis, buscar nuevas ideas, enfoques, etc. Tales acciones cognoscitivas se ejecutan en forma de sistemas de razonamientos basados en los conocimientos y hechos obtenidos. Las dificultades que para ello ha de vencer el investigador no son pequeñas. No hay conjeturas teóricas unívocamente determinadas por el carácter de los cambios observables ni por los hechos descubiertos; no existen vías y métodos lógicamente unívocos que permitan introducir semejantes conjeturas. ¿Cómo puede diferenciarse, de los razonamientos especulativos acerca de los objetos, el estudio teórico de los mismos? ¿Cómo evitar los razonamientos arbitrarios? El investigador necesita disponer de criterios precisos para diferenciar las tareas cognoscitivas teóricas. En este sentido, resulta de esencial importancia saber cuáles son las condiciones y premisas que hacen necesario considerar como una continuación del estudio de los objetos, es decir, como investigación teórica, el ir más allá de los cambios observados y de los hechos establecidos. Finalmente, el científico necesita criterios que le permitan distinguir los conocimientos teóricos de los sistemas idealistas especulativos del saber.

En la historia de la ciencia se han establecido

(*) Entenderemos por operación lógica la que se realiza con conocimientos —y con medios lógico-lingüísticos para expresarlos— y permite obtener nuevos conocimientos sin recurrir, después de cada paso de los razonamientos, a la comprobación empírica de las deducciones.

varias exigencias metodológicas que se han de tener en cuenta para comprender y resolver las tareas cognoscitivas de carácter teórico. En una u otra forma, los científicos hacen suyas esas exigencias y las dan a conocer a otros en el proceso de la investigación científica. En las escuelas y colectividades científicas a menudo se forman tradiciones en la interpretación del "conocimiento teórico", del "pensamiento teórico", de los "enfoques teóricos", etc. En sus líneas más generales, esas exigencias pueden expresarse como sigue:

1. El estudio teórico siempre se halla dirigido hacia objetos reales: no puede haber una investigación "no-objetual" (no referida a objetos).

Casi siempre los científicos aceptan este requisito sin análisis metodológico alguno, intuitivamente, como algo indiscutible. Ahora bien, a medida que la ciencia avanza, la actividad cognoscitiva de los científicos sufre cambios esenciales: en la investigación científica se incluyen objetos cualitativamente nuevos, aumenta el volumen de los conocimientos que el investigador ha de tener necesariamente en cuenta, se perfeccionan los medios de conocimiento utilizados en la resolución de tareas cognoscitivas, etc. Todo ello hace que el cumplimiento de esa exigencia, a primera vista tan clara, adquiera un sentido nada baladí en la actividad cognoscitiva real. A menudo la aceptación intuitiva de los fines y de las posibilidades cognoscitivas del estudio teórico da origen a imprecisiones metodológicas en las concepciones de los investigadores mismos.

Este problema requiere un análisis especial.

Aquí nos limitaremos tan sólo a un ejemplo. Sabido es que en toda la física clásica se tenía como principio básico el de la divisibilidad de los procesos físicos: cualquiera de ellos se consideraba como compuesto de una serie ininterrumpida de procesos particulares. Se suponía, en consecuencia, que la dependencia cuantitativa de los parámetros iniciales de un sistema mecánico (de la masa, del impulso, etc.) no cambiaba al pasar a masas y velocidades tan pequeñas o tan grandes como se quisiera. De ello se desprendía que el investigador puede, por lo menos mediante el análisis lógico, estudiar sucesivamente todos los procesos particulares y, de este modo, elucidar las propiedades del proceso en su conjunto. Hasta el siglo XX, el principio citado fue de capital importancia para comprender y resolver tareas cognoscitivas teóricas; el análisis lógico de los objetos fundado en él era lo que se consideraba como estudio teórico. En esencia esto significa que es posible estudiar o buscar nuevos hechos sin modificar la comprensión teórica de la naturaleza de los objetos.

Durante cierto tiempo se guiaron por este principio los investigadores al estudiar y explicar los fenómenos del micromundo. Así realmente "la órbita del electrón puede concebirse como una serie continua de pequeños desplazamientos; el electrón de una carga dada, como formado por partículas de cargas menores"(9). Mas fue preci-

(9) *V. T. Weisscopf*, "Quality and Quantity in Quantum Physics". "Quantity and Quality", N. Y., 1961, p. 57.

samente este punto de vista el que resultó equivocado. Se descubrió que era un error considerar los microprocesos como divisibles en procesos particulares uniformes en los límites de una sola y misma cualidad. La naturaleza de los microprocesos presupone características cuantitativas rigurosamente determinadas. Hubo que revisar el principio mismo según el cual los parámetros de cualquier sistema pueden tener características cuantitativas tan grandes y tan pequeñas como se quiera. En la física cuántica, como indica el profesor V. Weisscopf, "encontramos nuevas cualidades donde esperábamos cantidad"; la física cuántica ha descubierto estados cuánticos individuales cada uno de los cuales forma un todo indivisible mientras no actúen sobre ellos fuerzas exteriores[10].

Estos descubrimientos de la física cuántica provocaron una revisión a fondo de conceptos como discreción, divisibilidad, parte, todo, sencillo, compuesto, etc. Exigieron un estudio más profundo del carácter de las tareas cognoscitivas teóricas en la investigación científica. No basta, claro es, proclamar simplemente que no puede haber un estudio teórico sin referencia a objetos. Son necesarios un análisis escrupuloso y la observación de las premisas gracias a las cuales el razonamiento lógico resulta ser una investigación verdaderamente teórica. El principio de la división infinita formulado en la física clásica llevaba, de hecho, a identificar los razonamientos especulativos con los

(10) Ibid., p. 56.

teóricos. En vez de diferenciar y estudiar estructuras concretas, se "adscribía" a los objetos un contenido que en realidad no tenían. A las mismas consecuencias llevaba el principio de la continuidad de todos los cambios en el mundo material. También hubo que revisar este principio a raíz del descubrimiento del cuanto de acción.

2. Para formular y resolver las tareas cognoscitivas teóricas hay que partir de la concepción determinista. Por regla general, los investigadores dedican a esta exigencia mucha atención. En su sentido más amplio, tal exigencia puede formularse como sigue: como quiera que en el mundo material unos fenómenos, procesos y propiedades dependen de otros, en el estudio teórico es necesario buscar precisamente esas dependencias; la explicación científica, en última instancia, consiste en situar unos fenómenos, procesos, propiedades o características concretos en dependencia, exactamente formulada, de otros fenómenos, procesos, propiedades o características concretos. Ha sido precisamente en esta vía en la que la ciencia ha alcanzado éxitos resonantes. Esto se ve con toda evidencia en las leyes de la mecánica y de la física cuánticas. Tomemos, por ejemplo, la segunda ley de Newton: la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración ($F = m.a$). Aquí la "fuerza" (F) se pone en dependencia de otros parámetros: de la "masa" (m) y de la "aceleración" (a). La expresión matemática de la ley demuestra que esta dependencia posee un carácter cuantitativo rigurosamente unívoco y, en consecuencia, partiendo de unos parámetros, per-

mite predecir con exactitud las características cuantitativas de los otros. En la ley de Planck, la radiación de la energía se hace depender de la frecuencia de la luz (v) y de una magnitud constante (h) de reciente descubrimiento, denominada "constante de Planck: $E = h.v$. En la teoría especial de la relatividad, la energía se pone en dependencia de la masa electromagnética y de la velocidad de la luz: $E = mc^2$. Las teorías se constituyen ante todo para explicar estas dependencias. Así, los conceptos básicos y su dependencia, formulada en la segunda ley de Newton, encuentran explicación en el marco de la mecánica clásica: la dependencia formulada por la ley de Planck, en las teorías de la física cuántica; la descubierta por Einstein, en la teoría particular (especial) de la relatividad.

El valor cognoscitivo de la concepción determinista es enorme. Esta concepción orienta hacia la búsqueda, el estudio y la formulación de dependencias que pueden comprobarse aplicando métodos empíricos de conocimiento. En la base de todo estudio teórico sistemático y dirigido hacia un fin se encuentra necesariamente una concepción determinista. Y cuanto más complejo es un objeto por su estructura, tanto más importante es su valor cognoscitivo. Por otra parte, en muchos casos no basta apoyarse en semejante concepción intuitivamente: sus consecuencias y las acciones cognoscitivas relacionadas con ella han de convertirse en objeto de un estudio especial. Es en esto, precisamente, en lo que los científicos chocan con grandes dificultades y se ven

obligados a recurrir a las investigaciones cognoscitivas teóricas, ante todo a las lógico-metodológicas.

En los siglos XVIII y XIX se formó la concepción determinista basada en las ideas de la mecánica clásica. Es el denominado determinismo mecánico. Según esta concepción, en el mundo material todos los cambios se realizan sin cesar; la situación y la velocidad de una partícula (en unas condiciones exteriores dadas) determinan unívocamente en cualquier momento la situación y la velocidad de la partícula en cada momento subsiguiente; en cualquier proceso de cambio, todo estado subsiguiente se halla unívocamente determinado por el estado anterior. De ahí que todo el proceso pueda describirse y explicarse con exactitud en conceptos de la mecánica clásica y de la física (clásica) basada en ella.

Las ideas del determinismo mecánico constituyeron el soporte de todas las ciencias naturales hasta el siglo XX. Desempeñaron un importante papel cognoscitivo en la diferenciación, en el estudio y en la explicación de una extraordinaria cantidad de hechos. Muchas generaciones de científicos las asimilaron y las utilizaron sin análisis crítico alguno.

El desarrollo de las ciencias naturales en el siglo XX exigió la revisión de esas ideas. En muchos casos, los nuevos descubrimientos no concordaban con ellas. Se comprobó que el proceso de desintegración radiactiva no está relacionado de ninguna manera con acciones exteriores —menos aún si se habla de acciones mecánicas— y obe-

dece a leyes que no son dinámicas, sino estadísticas. Se descubrió el carácter discreto de muchos procesos físicos: de radiación, de absorción, etc. La física cuántica descubrió e investigó gran cantidad de micropartículas que tienen una naturaleza especial, descubrió la identidad de partículas de un solo tipo en rasgos como la carga, la masa y el espín; se revelaron los estados cuánticos individuales en el micromundo, etc.

Todo ello explica que en la ciencia contemporánea cambie y se precise la manera de comprender el determinismo, objeto de estudio especial tanto por parte de los naturalistas como de los filósofos. No han faltado intentos de interpretar y revisar en un sentido idealista el determinismo mecánico. Mach, Poincaré y otros científicos y filósofos llegaron, por ejemplo, a negar las leyes en la naturaleza. Procuraban demostrar que las leyes descubiertas por la ciencia no son más que una forma cómoda y breve de ordenar la experiencia. Lenin, en su obra *Materialismo y empiriocriticismo*, sometió a profunda crítica semejantes tentativas. Demostró que no es posible desechar la tradición materialista de las ciencias naturales de los siglos XVIII-XIX, sino que es necesario fundamentarla y desarrollarla en función de los nuevos descubrimientos [11]. El estudio de los objetos descubiertos por la ciencia en

(11) Ver *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", "Obras", t. XVIII, págs. 271, 272-273, 276-277, 328, 331-332. ("Materialismo y empiriocriticismo", Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1966, págs. 316, 317-318, 321-322, 383, 387-388).

el siglo XX no puede tener como única base las tradiciones y los hábitos de la época precedente. El investigador, ahora, no puede prescindir de nuevas orientaciones, conscientemente adoptadas, tanto acerca de los objetos que se estudian como acerca de la propia actividad cognoscitiva y sus resultados. En este sentido, precisamente, desempeña un papel de excepcional importancia la concepción del determinismo. Los nuevos descubrimientos llevan a estudiar nuevos tipos de dependencias deterministas en el mundo: estadísticas y probabilísticas, estructurales, etc. Estas dependencias existen objetivamente lo mismo que aquellas que se formulan como leyes dinámicas, y han de entrar en la concepción contemporánea del determinismo.

3. En los estudios teóricos, cualesquiera que sean, los investigadores parten necesariamente de los conocimientos existentes. Tales conocimientos pueden darse en forma de problemas, leyes y teorías científicos, en forma de hipótesis, de descripción de hechos, etc. Los procedimientos de inclusión del saber existente o inicial en la actividad cognoscitiva de los investigadores han de ser objeto de un serio estudio. Veamos algunos de ellos.

Con frecuencia, las leyes correspondientes a casos particulares se aplican para explicar otros casos en los cuales la acción de tales leyes no se ha descubierto todavía o ni siquiera se había supuesto. De este modo se establecieron, por ejemplo, las leyes de la propagación de la luz en medios heterogéneos. Algunas leyes que caracterizan

fenómenos particulares, se hacen extensivas a todos los fenómenos de la naturaleza. Por ejemplo, las leyes de la conservación (de la carga, del impulso, de la materia, de la energía, etc.) se aplican a todos los fenómenos y empiezan a considerarse como principios especiales propios de todos los cambios materiales. A menudo unas leyes se convierten en punto de partida del descubrimiento de otras leyes y fenómenos. Así, la ley newtoniana de la gravitación, permitió determinar con mucha exactitud la velocidad de la propagación de la luz ya en el siglo XVII [12] y facilitó en gran medida la elaboración de la hipótesis que condujo al descubrimiento del planeta Neptuno [13]. A veces las nuevas teorías se construyen como consecuencia lógica de teorías ya conocidas.

En todos los procedimientos empleados para utilizar sistemas iniciales de conocimientos, el científico toma estos últimos en calidad de punto de partida para nuevas investigaciones. ¿Qué significa esto? ¿Qué problemas concretos se resuelven en estos casos?

El investigador, al aceptar una teoría, reconoce que en la esfera de objetos que se estudia mantienen su vigencia las dependencias diferenciadas, estudiadas y formuladas por la teoría dada. Y son los conocimientos relativos a tales dependencias los que toma él como punto de partida de nuevas acciones cognoscitivas. Al recono-

(12) Ver *R. Feinman,* "El carácter de las leyes físicas", Moscú, 1968, pág. 19.

(13) Ver ibídem, pág. 20.

cer la importancia de esta manera de proceder, los científicos no se dan siempre cuenta de su sentido metodológico. Ello no obstante, el desarrollo de la ciencia durante los últimos setenta u ochenta años demuestra hasta qué punto es importante precisamente el análisis metodológico. Aceptar una teoría en calidad de fundamento para ulteriores investigaciones significa aceptar sus principios de partida y razonar acerca de la esfera dada de objetos valiéndose de los conceptos de tal teoría. Si, por ejemplo, un investigador al estudiar la luz parte de la teoría ondulatoria, para él serán conceptos clave los que describen y explican las propiedades ondulatorias de la luz: "onda", "difracción", "interferencia", etc. En cambio, si parte de la teoría corpuscular, utilizará otros conceptos clave: "rayo de luz", "propagación rectilínea de la luz", "partícula", etc. Tanto en un caso como en el otro, tomará un aparato conceptual elaborado, idealizaciones teóricas y otras particularidades de las teorías dadas. Esto significa que en la resolución de las tareas cognoscitivas buscará métodos de expresión de todas las propiedades, interacciones y dependencias, incluidas las que resulten nuevas, valiéndose de principios y conceptos teóricos ya formulados.

La aceptación de un determinado sistema de conocimientos también significa que los nuevos conceptos se introducirán y se definirán partiendo de los conceptos y a través de los conceptos del sistema dado. Si en el sistema de partida está elaborado el correspondiente aparato matemático,

el investigador lo utilizará para la expresión cuantitativa de las magnitudes y dependencias que se estudien.

Ahora bien, precisamente en la utilización de los conocimientos de partida pueden los investigadores encontrarse con dificultades, fracasos y errores. Veamos un ejemplo. Muchos principios teóricos de las ciencias naturales clásicas se consideraban como firmemente establecidos y no susceptibles de análisis o revisión críticos. Recordemos dos de ellos: "el tiempo y el espacio no dependen uno del otro", "los átomos son inmutables". Estos principios teóricos se utilizaban para explicar muchos fenómenos que la ciencia empezó a estudiar a últimos del siglo pasado y comienzos del actual: las micropartículas y los microprocesos, los fenómenos de radiación y de absorción, etc. Surgieron incontables dificultades y contradicciones. Niels Bohr intentó superarlas valiéndose del principio de complementariedad. A final de cuentas, hubo que renunciar a seguir este camino.

La búsqueda de otras vías de elucidación llevó a nuevas hipótesis y a nuevos principios teóricos. Al mismo tiempo se inició el análisis crítico de los principios básicos de las ciencias naturales clásicas. Esto representó un progreso considerable en el desarrollo no ya de las ciencias naturales, sino, además, de la metodología y de la lógica de la ciencia.

En los siglos XVII-XIX, los investigadores estaban convencidos de que el progreso de la ciencia consiste en descubrir nuevos hechos y ex-

plicarlos mediante principios teóricos formulados con exactitud, irrefutables y aceptados en la ciencia, entre ellos los que hemos citado más arriba. Generaciones enteras de científicos los aceptaron y se guiaron por ellos en sus investigaciones científicas. Los científicos de aquella época adoptaban una actitud circunspecta y desconfiada ante todo análisis crítico de los principios adoptados. Creían que los cimientos en que se asentaba el sistema del saber científico no se podían destruir ni poner en duda; lo único que cabía era seguir construyendo encima de ellos. Durante largo tiempo fue cristalizando la idea de que en líneas generales ya se conocían y se habían resuelto los problemas más importantes de la metodología de la ciencia.

El análisis crítico de los principios teóricos anteriormente aceptados en la ciencia hizo que los científicos se encontraran con un nuevo problema metodológico, desconocido hasta entonces: el estudio sistemático de los conocimientos científicos mismos. En la historia de la ciencia y en la filosofía, los métodos especiales de semejante estudio no se habían elaborado. Lo que en este sentido habían iniciado Leibnitz y Descartes, no había sido objeto de ulteriores investigaciones serias y sistemáticas.

Únicamente en el siglo XX se elaboran métodos especiales de análisis de los conocimientos científicos y de las particularidades del lenguaje de la ciencia. Al mismo tiempo se descubrió que en la base de las denominadas ciencias naturales clásicas existen no pocas hipótesis y principios aceptados sin espíritu crítico, no pocas extra-

polaciones carentes de toda demostración, etc. Einstein, en la teoría especial de la relatividad, también examinó con espíritu crítico hipótesis tan importantes para la mecánica clásica como la "simultaneidad de los acontecimientos", el "espacio absoluto", el "tiempo absoluto", la "acción instantánea de los cuerpos a distancia", etc. En la mecánica de Newton, la simultaneidad de los acontecimientos se postulaba sin un estudio y una fundamentación serios; es un error hablar de simultaneidad haciendo abstracción de los observadores, de los medios de conexión entre ellos, de los aparatos con que se fijan las señales, etc. Los denominados espacio y tiempo absolutos se introducían en la mecánica newtoniana de manera distinta que el espacio y el tiempo relativos. El propio Newton se daba cuenta de esta incongruencia, pero no podía superarla. Era imposible introducir en la teoría el espacio y el tiempo absolutos partiendo de fundamentos obtenidos en la observación, en la medición y en el experimento. Al descubrirse la naturaleza individual de las micropartículas y de los estados cuánticos también se revisó, en el plano de los principios, el principio de la invariabilidad de los átomos.

El análisis lógico-metodológico de los principios teóricos adoptados en la ciencia recibe una explicación e interpretación erróneas en las escuelas idealistas subjetivas. La relatividad de los conocimientos científicos empieza a interpretarse sólo como su subjetividad. Entre una parte de los científicos comienza a difundirse una idea errónea no sólo del carácter de los conocimientos científicos, sino, además, de la propia actividad cognos-

citiva. Todo esto pone de relieve hasta qué punto es importante estudiar los procedimientos de utilización de los conocimientos de partida al resolver las tareas cognoscitivas teóricas, los métodos de análisis de los conocimientos científicos en general. Al recurrir a unos determinados sistemas iniciales del saber, el investigador ha de llevar a cabo un gran trabajo para separar de las aseveraciones hipotéticas las que son objetivamente verdaderas. En la investigación científica no se deben confundir las conclusiones inferidas de conocimientos comprobados y las inferidas de conocimientos hipotéticos, las conclusiones lógicas posibles y las consecuencias empíricamente comprobables. Tal delimitación es necesaria al formular problemas, al resolver tareas cognoscitivas empíricas y teóricas, al fundamentar lógicamente sistemas de conocimientos, al planificar y realizar acciones cognoscitivas empíricas.

Hemos llegado, con esto, a las tareas cognoscitivas lógicas que el investigador ha de ejecutar en cualquier investigación científica. En su aspecto más general, cabe distinguir en ellas dos especies: 1) Tareas lógicas de las ciencias deductivas, ante todo de las matemáticas y de la lógica. 2) Tareas lógicas específicas de las denominadas ciencias empíricas, en las cuales los conocimientos se obtienen, esencialmente, mediante la observación, la medición y el experimento.

Los sistemas deductivos, por regla general, se construyen mediante lenguajes simbólicos. Las relaciones entre las diversas clases de enunciados, conjuntos, axiomas y sus corolarios, etc. se expre-

san, en dichos sistemas, utilizando el lenguaje de las fórmulas. En este terreno, todas las cuestiones lógicas están enlazadas con la resolución de tres problemas fundamentales: a) qué exigencias lógicas han de satisfacer los sistemas de axiomas o de postulados que se toman como punto de partida para construir tales o cuales sistemas simbólicos; b) qué exigencias han de satisfacer las reglas del operar lógico con signos en el marco de tales sistemas; c) qué exigencias lógicas ha de satisfacer la construcción de deducciones y demostraciones en esos sistemas. El desglose y estudio de estas tareas lógicas, de los métodos y medios de su resolución, independientemente de tales o cuales aplicaciones prácticas de los sistemas simbólicos, constituyó un gran progreso en el desarrollo de la ciencia. Esas tareas, esos métodos y medios, son objeto de profundo y sistemático estudio en la lógica matemática o simbólica contemporánea, así como en la parte de la matemática que examina en especial los fundamentos de la misma. La resolución de las tareas cognoscitivas lógicas en la historia de la matemática y de la lógica ha conducido a importantes descubrimientos lógicos. Entre ellos pueden citarse los "Principios" de Euclides, la silogística en la lógica aristotélica, las geometrías no euclidianas, la elaboración de diversos lenguajes simbólicos que han permitido, por ejemplo, construir y utilizar las calculadoras electrónicas de nuestra época.

También en las ciencias empíricas los investigadores han de utilizar sistemas deductivos o simbólicos. Así lo demuestra, con toda evidencia,

la amplia aplicación del instrumental matemático en la mecánica, en la física, en la química, en la biología y en la sociología. El científico ha de conocer bien los problemas lógicos que en esta aplicación surgen, sus posibilidades y particularidades. Sin embargo, en las ciencias empíricas se presentan también otras tareas lógicas. De que se comprendan con profundidad y de que se resuelvan con acierto depende en gran parte el éxito de la investigación científica. Se trata ante todo de tres grupos de tareas lógicas:

a) Análisis lógico de los conocimientos científicos. El investigador se encuentra con esta tarea cuando recurre a conocimientos iniciales para formular el problema, para seleccionar y analizar la terminología; también ha de resolverla cuando es necesario adoptar o destacar una teoría en calidad de punto de partida de investigaciones ulteriores, sobre todo si el objeto que se estudia ya ha sido explicado mediante distintas teorías.

Se convierte en fin del análisis de los conocimientos científicos, el estudio de los juicios o de los sistemas de juicios que son portadores de conocimientos y que pueden utilizarse en nuevos razonamientos y en otras acciones cognoscitivas. Todas esas tareas se resuelven por vía lógica o aplicando métodos lógicos de análisis. La metodología y la lógica de la ciencia actuales estudian y elaboran especialmente dichos métodos, que permiten determinar qué es, en tal o cual sistema de conocimientos, la aseveración dada (un principio de partida, una hipótesis, un conocimiento inferido, etc.) y hasta qué punto se han cumplido las exi-

gencias formales de rigor para poder comprobar empíricamente el sistema dado de conocimientos. A menudo, la falta de hábitos de análisis lógico de los sistemas científicos da origen a dificultades en la evaluación y en la comprobación empírica de las hipótesis presentadas, de las teorías propuestas y de las leyes formuladas. Con frecuencia, por esta causa, en seguida se califica de hipótesis cualquier conjetura científica, se da el nombre de ley a las generalizaciones más amplias y se denomina teoría a unos razonamientos sistematizados.

b) Tareas lógicas que surgen en la organización misma de la investigación científica. La metodología y la lógica de la ciencia actuales todavía han estudiado poco el carácter de los pasos lógicos que el investigador da en una u otra etapa de su actividad. Es indudable que en la investigación científica se utilizan en gran escala las inferencias deductivas (sobre todo en los razonamientos matemáticos) y las inductivas; desempeñan un gran papel las inferencias por analogía. Un problema teórico, cualquiera que sea, se convierte para el científico en un problema también lógico; el científico ha de expresar el fin de su búsqueda en una forma que dé una clara idea de un sistema de acciones cognoscitivas y permita construir los razonamientos como un sistema de argumentos lógicamente organizados. Es, precisamente, en este punto donde las imprecisiones lógicas pueden dificultar el control sobre el carácter de los pasos lógicos en la investigación científica.

c) Tareas lógicas que surgen al construir teorías, al formular leyes y al idear hipótesis. En

las ciencias empíricas, a la elaboración de semejantes sistemas de conocimientos se presentan exigencias tanto lógicas como gnoseológicas.

Desde el punto de vista lógico, todos los términos, conceptos y signos que el investigador utiliza en la formulación de hipótesis, leyes y teorías han de introducirse con un sentido unívoco recurriendo a leyes de definición; dentro del sistema de conocimientos elaborado, todos los términos, conceptos y signos deben hallarse en una conexión unívoca entre unos y otros. Por ejemplo, en la mecánica clásica el movimiento de los cuerpos se define como cambio de su posición en el espacio; la velocidad, como rapidez del cambio de su posición en el espacio o como relación del camino con el tiempo durante el cual el cuerpo en movimiento recorre el camino dado; el movimiento uniforme, como movimiento de velocidad constante, etc. La definición lógica de unos conceptos mediante otros constituye una propiedad esencial de los sistemas científicos del saber. Esta particularidad tiene su fundamento en la elucidación y en el estudio de la dependencia objetiva entre las propiedades, las características y los parámetros diferenciables. La posibilidad de expresar y hallar unas características, en particular cuantitativas, por medio de otras fue un gran descubrimiento de la ciencia. Y en relación con él se elaboran exigencias lógicas que se presentan a la construcción de sistemas científicos de conocimientos.

Las exigencias gnoseológicas pueden expresarse como sigue: 1) Todos los sistemas de conoci-

mientos creados para explicar objetos de existencia real —mecánicos, físicos, químicos, biológicos o sociales— han de ser empíricamente comprobados. 2) Los hechos establecidos con exactitud constituyen el punto final de la comprobación empírica a que se somete la verdad objetiva de cualquier sistema científico de conocimientos. Los términos, signos (símbolos) y conceptos que se introduzcan han de hallarse en una relación unívoca con los hechos y sus características, con las supuestas propiedades y dependencias en los objetos que se estudian.

Estas exigencias desempeñan un importante papel de principio en el desarrollo de las denominadas ciencias empíricas. Aparte la comprobación empírica, no existe ninguna otra posibilidad de determinar si un sistema dado de conceptos es una teoría objetivamente verdadera o un sistema especulativo (teológico, idealista objetivo, de la filosofía naturalista, etc.). La comprobación empírica sólo es posible en el caso de que el sistema de conocimientos elaborado corresponda a una esfera objetual específica, es decir, tenga un objeto real incluido en la investigación científica en forma de hechos exactamente determinados. Tanto la obtención de los hechos como la comprobación de la verdad objetiva de los conocimientos por medio de los hechos, presuponen de manera necesaria acciones cognoscitivas prácticas. El investigador no puede contentarse, al respecto, con datos sensoriales. Las indicaciones de los órganos de los sentidos, fuera de las acciones prácticas, orientadas hacia un objetivo, en la observación, en el

experimento y en la medición, no pueden considerarse como punto final de la comprobación empírica. Toda acción práctica —sin que quede al margen la investigación científica— incluye la intervención activa en la existencia habitual de los objetos estudiados. Se utilizan para ello instrumentos de trabajo o medios materiales de conocimiento, lo cual presupone necesariamente una interacción de los cuerpos materiales que obedece a leyes independientes de las que rigen el funcionamiento de los órganos de los sentidos. Estos órganos "se insertan en la situación" creada por la acción recíproca entre los instrumentos y los objetos de trabajo, entre los medios materiales de conocimiento y los objetos cognoscibles, y fijan los cambios que se producen como resultado de tales interacciones. Es aquí, precisamente, donde se revela el gran papel cognoscitivo de la práctica en la obtención de hechos y en la comprobación empírica de los conocimientos científicos.

¿En qué sentido es necesario considerar los hechos como punto final de la comprobación empírica del saber? Esto no significa, desde luego, que los hechos establecidos agoten todo el contenido de los objetos estudiados o que no deban someterse a ninguna precisión ulterior. Tales hechos forman una divisoria entre la parte descubierta del contenido del hecho estudiado y la señalada, admitida sólo como hipótesis. Un contenido supuesto o sin verificar no puede cumplir la función gnoseológica de los hechos en la comprobación empírica de las leyes, de las teorías y de las hipótesis. Por otra parte, no debe confundirse un sistema lógico de argumentos surgido de unos

principios, con la comprobación empírica. Con semejante confusión nos encontramos en las ciencias naturales clásicas. Planck indicaba que algunas tesis, ("los átomos son inmutables", "el tiempo y el espacio no dependen uno del otro", "todos los procesos dinámicos son continuos") en aquella época "se consideraban por completo evidentes" y "se admitían sin crítica alguna como base evidente de toda nueva teoría"(14). Esas tesis, así entendidas, desempeñaban en esencia la función gnoseológica de los hechos. En esta confusión se manifestaba una actitud no crítica frente a los problemas de la metodología de la ciencia y no sólo respecto a algunas tesis de la mecánica o de la física.

La relación unívoca de los términos, leyes y conceptos introducidos respecto a los hechos descubiertos y las propiedades supuestas tiene una importancia de principio para todas las acciones cognoscitivas y ante todo para la comprobación empírica de leyes, teorías e hipótesis. Este fin se logra aplicando un sistema de reglas y definiciones. Desempeñan un papel de especial importancia las denominadas definiciones semánticas y operacionales. Estas definiciones indican a qué objetos, propiedades y características concretas o a qué acciones cognoscitivas se refieren los términos, signos y conceptos introducidos, y sustituyen el contenido intuitivamente supuesto por un sentido exacto, que determina el carácter de la operación

(14) *M. Planck*, "Nuevas vías del conocimiento físico". "Unidad de la imagen física del mundo", Moscú, 1966, págs. 74-75.

con los objetos y con los medios de conocimiento utilizados: materiales, lingüísticos y matemáticos. El uso de esas reglas constituye una de las particularidades más importantes de la actividad cognoscitiva en la ciencia y una de las condiciones primordiales de la comprobación empírica de los sistemas científicos de conocimientos.

4. La investigación científica y el razonamiento especulativo

El estudio de las diferencias esenciales entre la investigación científica y los razonamientos especulativos tiene una importancia de principio desde el punto de vista de la metodología materialista marxista. La cuestión no está tan sólo en que algunas formas de los razonamientos especulativos (sistemas de filosofía natural, sistemas filosóficos idealistas objetivos, etc.) se desarrollaron junto con la ciencia y a menudo se consideraron como un tipo especial de conocimiento. Es más importante otra cosa: los razonamientos especulativos poseen una serie de propiedades parecidas a la investigación científica. Por ejemplo: poseen un carácter sistemático y dirigido hacia un objetivo, pueden tener un aparato conceptual desarrollado y determinados métodos lógicos de conocimiento que facilitan la obtención de determinados resultados.

Las diferencias entre la investigación científica y el razonamiento especulativo se forman y se disciernen históricamente. Su estudio es de sumo valor para comprender muchos problemas

del desarrollo de la ciencia contemporánea, y en torno a ellas se sostiene una compleja lucha teórica e ideológica. También ahora hay quien afirma que la teología siempre ha sido y sigue siendo una de las formas principales de conocimiento. Sigue buscándose, como antes, una analogía entre el estudio teórico de los objetos en la ciencia y razonamientos especulativos de distinto género. En la lucha ideológica con la teología contemporánea, es necesario demostrar por qué los razonamientos especulativos no pueden considerarse como una especie de actividad cognoscitiva, ni los resultados obtenidos como conocimientos.

Ahora bien, no se trata sólo de criticar las tentativas de los teólogos en el sentido de hablar en nombre de la ciencia y utilizar la autoridad de la misma. La diferenciación de los razonamientos especulativos y de las investigaciones científicas también es necesaria para el desarrollo de la propia ciencia. A menudo el científico se ve obligado a introducir generalizaciones que en algunos casos no es posible confrontar directamente con las afirmaciones relativas a los hechos. En la base de las teorías se colocan a veces principios que, en el estado actual de la ciencia, no son susceptibles todavía de comprobación empírica. Casi siempre se aduce, en calidad de ejemplo, la teoría general de la relatividad, aunque lo mismo puede decirse acerca de muchas teorías e hipótesis de la física cuántica, de la biología submolecular y de otras ciencias. Pero en semejante caso al investigador se le plantea un importante problema metodológico: ¿de qué manera o en virtud de qué fundamentos

es posible diferenciar de los sistemas especulativos las teorías e hipótesis de ese género? ¿En qué condiciones la hipótesis sigue siendo científica a pesar de que presente un carácter sumamente abstracto? Para responder a tales preguntas, el científico no puede confiar tan sólo en la intuición.

Examinemos brevemente las diferencias más esenciales entre la investigación científica y el razonamiento especulativo.

1. La investigación científica siempre se refiere a objetos concretos o específicos. Ponerlos de manifiesto constituye el punto metodológico inicial de la investigación. Los objetos se incluyen en ella en forma de datos empíricos concretos o de hechos. Al descubrimiento, al estudio y a la descripción de esos datos y hechos se presentan, en la ciencia, las exigencias de objetividad, certeza, exactitud, etc. Los datos y hechos empíricos se diferencian según sean los métodos con que se obtienen: se distinguen los obtenidos en el experimento y los que son fruto de la observación. Esta diferencia se hace sobre todo importante en la comprobación empírica de las hipótesis. En la investigación científica es inadmisible mezclar hechos comprobados con los meramente supuestos o todavía sin comprobar.

Todos los datos y hechos empíricos se designan mediante términos o conceptos exactos. Para ello se utilizan diversas reglas semánticas. Tomemos, por ejemplo, el concepto de "electrón". En la física cuántica actual, ese concepto denota una partícula elemental estable con una masa igual a $9{,}108.10^{-28}$ g. y una carga eléctrica elemental ne-

gativa igual a $e=4{,}8029.10^{-10}$ unidades cgs esu(*). En semejante definición también pueden enumerarse otros rasgos: la energía de reposo, el espín y el momento magnético. Las definiciones semánticas establecen una relación unívoca entre los términos, signos y conceptos utilizados, por una parte, y los correspondientes objetos, hechos, etc. utilizados por otra. También desempeñan un importante papel las denominadas definiciones operacionales que indican cuáles son las acciones cognoscitivas concretas por medio de las cuales se introducen determinados datos o magnitudes (por ejemplo, mediciones de longitudes, de distancias, etc.). En la investigación científica es necesario diferenciar no sólo los objetos concretos, sino, además, las acciones cognoscitivas concretas que se utilizan para obtener determinados resultados. Cuanto más complejas son las acciones cognoscitivas con los objetos en la observación, en la medición y en el experimento, tanto más importante es la sustitución de las operaciones intuitivamente supuestas por reglas, formuladas con exactitud y unívocamente utilizables, de las acciones. Gracias a esto, precisamente, es posible reproducir muchas veces unos mismos resultados, obtenidos con anterioridad, en los experimentos, en las mediciones y en las observaciones; en ello se basa, asimismo, la posibilidad de comprobar empíricamente los conocimientos teóricos en la ciencia.

También se ocupan de objetos específicos las denominadas ciencias deductivas: las matemáticas

(*) CGS ESU: "unidad electrónica centimetro-grado-segundo".

y la lógica[15]. Son objetos de ese tipo, en las ciencias matemáticas (la aritmética, la geometría, etc.), los números, los puntos, las rectas, los conjuntos, las funciones, etc.; en la lógica, los enunciados, los predicados, las relaciones lógicas, etc., que se expresan por medio de símbolos o signos. Respecto a tales objetos, se hacen diversas observaciones; los correspondientes conceptos, términos y signos se introducen en la investigación con un sentido exacto gracias a definiciones rigurosamente lógicas. Todas las construcciones teóricas se refieren a objetos de ese tipo.

Los razonamientos especulativos no se refieren a tales objetos concretos, de existencia real, ni se basan en hechos establecidos con exactitud. Es imposible disponer de hecho alguno sobre la existencia de Dios o del espíritu absoluto. Los razonamientos de la filosofía natural tampoco confieren valor esencial a la delimitación de objetos y hechos concretos o niegan en absoluto ese punto de partida. Por ejemplo, el filósofo alemán Schelling, en su libro *Introducción a la física especulativa*, escribió: "...experiencia y teoría son tan opuestas que no hay modo de unirlas en ninguna parte; de ahí que el concepto de *ciencia experimental* sea un concepto que se contradice a sí mismo...", y más adelante: "Lo que constituye experiencia pura no es ciencia, y viceversa: la ciencia no es experiencia..."[16]. Schelling ve su

(15) Ver *J. Kemeny, J. Snell, J. Thomson*, "Introducción a la matemática finita", Moscú, 1963.

(16) *F. Schelling*, "Introducción a la física especulativa", Odesa, 1833, pág. 15.

tarea en la búsqueda de unas causas incondicionadas y finales del movimiento. Estima que la ciencia, fundada en datos empíricos, "examina la *envoltura* de la Naturaleza", "*su parte externa*"[17] Las causas últimas o finales de los fenómenos de la naturaleza no se descubren en los hechos. Por consiguiente, "o hay que renunciar a examinarlos alguna vez, o hay que introducirlos y situarlos en la naturaleza"[18]. La física especulativa se convierte en teoría verdadera, afirma Schelling, precisamente por no enlazar sus razonamientos con datos empíricos.

Las divergencias en este punto de partida se manifiestan, inevitablemente, en la manera de entender los fines y los problemas formulados en la investigación científica y en el razonamiento especulativo. El fin de cualquier razonamiento especulativo es abarcar un círculo de cuestiones en una amplitud máxima. Los sabios de la antigua Grecia tenían que estudiar todas las cuestiones. Los teólogos debían dar explicación a todos los acontecimientos, pequeños y grandes, espirituales y materiales. En las concepciones de la filosofía natural se examina, por lo común, la naturaleza toda. Esta tradición se formó, sin duda alguna, bajo la influencia de necesidades sociales en las sociedades de clases antagónicas. Una explicación uniforme y universal de todos los fenómenos del mundo tenía que agobiar, admirar y tranquilizar así como limitar la búsqueda de otras posi-

(17) Ibídem, pág. 7.
(18) Ibídem, pág. 9.

bles explicaciones. En los razonamientos de ese tipo, precisamente, se enseñaba a ver la fuente de la sabiduría y de la potencia espiritual, la fuente de los conocimientos y de la inspiración. Por otra parte, esa tradición se forma bajo la influencia de la gnoseología idealista objetiva, que no orienta hacia la diferenciación y el estudio de objetos concretos o específicos. Hace caso omiso de las tareas cognoscitivas relacionadas con la búsqueda y el estudio de hechos, con la utilización de métodos empíricos de conocimiento.

El fin de la investigación científica es diferenciar un objeto concreto y, utilizando métodos y medios elaborados en la ciencia, obtener conocimientos ciertos acerca de sus características, estructura, conexiones, dependencias, interacciones y otras particularidades. Tales conocimientos pueden expresarse en forma de descripción exacta de hechos, en forma de hipótesis, de ley o de teoría. Siempre poseen un carácter específico, es decir, se refieren a un objeto concreto, y pueden comprobarse empíricamente recurriendo a hechos verificados. El fin de la investigación científica también puede ser la comprobación de algún o algunos hechos, y a veces a esto dedican los investigadores una cantidad enorme de trabajo. La creación de teorías más amplias se funda, en la ciencia, en teorías y leyes ya empíricamente comprobadas. La aplicación de teorías o leyes ya verificadas a esferas objetuales más amplias va acompañada de una cuidadosa comprobación empírica. Los investigadores prestan mucha atención al descubrimiento de las condiciones y esfera de acción de cada ley concreta, de cada teoría o hipótesis.

. . Los problemas que se resuelven en los razonamientos especulativos no presuponen ninguna coordinación concreta con la serie correspondiente de datos y hechos. En esencia se formulan de tal modo que en vez de requerir la búsqueda de vías y métodos de solución, sólo necesitan verse confirmados mediante un determinado sistema de argumentos; de hecho señalan la dirección y los resultados finales de los razonamientos lógicos. En los tratados teológicos, por ejemplo, se postula desde el principio lo que es necesario demostrar o fundamentar. Esta premisa inicial es la que determina el fin y la estructura del razonamiento. Todos los tipos de demostración de la existencia de Dios se construyen según ese modelo. El fin no estriba en poner en claro si Dios existe; el teólogo ve su tarea en otra cosa: demostrar que existe. La fe en la existencia de Dios se declara premisa inicial del razonamiento. Toda demostración ha de consolidar esa fe. El teólogo sabe de antemano a qué resultado concreto ha de llegar. Por ejemplo, Anselmo de Canterbury en la demostración de la existencia de Dios formula desde el principio mismo la premisa inicial: Dios existe por sí mismo y a través de sí mismo. Luego sigue el razonamiento: Dios no es producido por ninguna causa, pues en caso contrario no sería un ser supremo; tampoco se ha producido a sí mismo ni se ha creado de la nada, ya que para ello habría debido existir antes de su existencia; tampoco se ha producido a sí mismo de una materia precedente, ya que en este caso estaría condicionado por la materia, y esto es imposible. De modo aná-

logo se demuestran los atributos de Dios: eternidad, inmutabilidad, sencillez, sabiduría, justicia, etc. Se afirma, por ejemplo, que Dios es eterno, que no tiene principio ni fin, pues si tuviera principio habría sido creado, lo cual es imposible; si la naturaleza divina fuera transitoria, no sería inmortal, etc. Del mismo modo construyen sus razonamientos tanto Tomás de Aquino[19] como los teólogos contemporáneos.

En la filosofía natural también se examinan problemas que es necesario demostrar o fundamentar por vía lógica. Por ejemplo, Schelling, en el libro citado, ve un problema en la búsqueda de una suposición absoluta sobre las causas finales de la que puedan derivarse todos los fenómenos naturales; en esta vía, a su juicio, "nuestro saber se convierte en construcción de la propia Naturaleza, es decir, en ciencia de la Naturaleza a priori"[20]. ¿Cómo surge semejante problema? Surge de una convicción: la de que sólo por medio del espíritu libre es posible descubrir la estructura de la naturaleza[21]. "*La Naturaleza existe* a priori, es decir, todo en ella está predeterminado íntegramente o en general por su idea básica. Si la Naturaleza existe a priori, es posible *comprenderla como* algo *existente* a priori; y en esto consiste el sentido de lo afirmado por nosotros"[22]. Semejante problema

---

(19) Ver *J. Borgosh*, "Tomás de Aquino", (Apéndice), Moscú 1966, págs. 166-204.

(20) *F. Schelling*, "Introducción a la física especulativa", pág. 10.

(21) Ver ibídem, pág. 8.

(22) Ibídem, págs. 11-12.

huelga decirlo, sólo puede plantearse, fundamentarse y resolverse por vía especulativa; no presupone tomar en consideración hechos concretos.

2. En la investigación científica se resuelven de manera diferenciada las tareas cognoscitivas lógicas, las empíricas y las teóricas. Los conocimientos que se obtienen al resolver esas tareas poseen diferente carácter; no es posible fundamentarlos y comprobarlos con unos mismos métodos; se utilizan de distinta manera al construir teorías e hipótesis, al formular leyes.

Cada especie de tareas cognoscitivas posee un carácter hasta cierto punto independiente. En las tareas cognoscitivas empíricas, el investigador puede concentrar su atención en destacar y estudiar hechos relativos al objeto que se examina, en elaborar métodos y medios de medición de características singulares y en comprobar las magnitudes obtenidas, para lo cual recurrirá a métodos de medición distintos e independientes unos de los otros, etc. Todas estas acciones cognoscitivas presuponen necesariamente una determinada teoría, y cuanto más complejo es el objeto, tanto más importante es el papel de esa teoría. Por ejemplo, para diferenciar y estudiar las micropartículas, así como para medir sus características, se parte de los conocimientos teóricos actuales en el campo de la mecánica cuántica y de la física cuántica en general. Sin embargo, éstas son otras tareas cognoscitivas en comparación con los métodos lógicos de utilización u obtención de conocimientos teóricos.

Las tareas cognoscitivas teóricas incluyen la

búsqueda de causas y otros tipos de dependencias, el descubrimiento de los principios que figuran en la base de los fenómenos estudiados, la formulación de leyes, teorías o hipótesis. En la ciencia contemporánea, los mayores cambios se dan, precisamente, en el carácter de las tareas cognoscitivas teóricas y de los métodos de su resolución. En las ciencias naturales clásicas cristalizó la idea de que primero se acumulan hechos y después surgen los sistemas teóricos de los conocimientos. Esta idea no correspondía totalmente al papel real de las investigaciones teóricas en la búsqueda de nuevos hechos y poco a poco se superó. El desarrollo de las investigaciones teóricas, la propia búsqueda de vías y métodos que permitan resolver nuevos problemas se convierten en premisa capitalísima del progreso científico, sobre todo en premisa del descubrimiento de nuevos objetos y hechos (por ejemplo, en la física cuántica). El científico se ve obligado a elaborar sistemas teóricos en los cuales no siempre se descubre la conexión directa con los hechos (por ejemplo, la teoría general de la relatividad, varias teorías en la física cuántica y en la biología submolecular). Y es entonces cuando surge la pregunta de cuáles son las exigencias que ha de satisfacer la solución teórica del problema.

En las teorías contemporáneas, las proposiciones de partida se formulan teniendo en cuenta exigencias metodológicas importantes desde el punto de vista de los principios, o sea: han de hacer posible la búsqueda de nuevos objetos y hechos, han de orientar hacia la búsqueda y la

aplicación de nuevos experimentos, de nuevas observaciones y de nuevos cambios. Es en este terreno, precisamente, donde aparecen las diferencias esenciales entre las construcciones teóricas en la ciencia y los razonamientos especulativos.

Si tomamos como ejemplo el nacimiento de la cibernética, podremos observar el papel cognoscitivo de estas importantes exigencias. Como es notorio, en un principio un grupo de investigadores intentaba resolver el problema práctico, surgido durante la segunda guerra mundial, de dirigir sistemas complejos. Formaban parte del grupo científicos e ingenieros que habían construido diversos tipos de aparatos de mando electrónico, matemáticos que se habían ocupado de los problemas de la teoría de la información, biólogos que habían investigado los procesos y mecanismos de transmisión de información en los organismos vivos, etc. Primero los científicos se dedicaban a elaborar una teoría general del mando como síntesis de los resultados obtenidos en las investigaciones teóricas de varias ciencias. Luego, no obstante, el grupo que trabajaba bajo la dirección de Norbert Wiener llegó a la conclusión de que en esencia, se había hecho un gran descubrimiento: se había diferenciado un nuevo objeto de estudio, el formado por los sistemas que se autorregulan. A ellos, precisamente, se refería la teoría del mando que se elaboraba. Y esos sistemas se convirtieron en objeto de investigación de una nueva ciencia: la cibernética. La concepción, teóricamente introducida, permitió estudiar sistemas de existencia real como un complejo de elementos dinámi-

camente concatenados; desde este punto de vista fue posible examinar los procesos de autodirección y de autorregulación en diversos sistemas reales, introducir una clasificación nueva, antes desconocida: la de estos sistemas. El instrumental matemático elaborado en la teoría del mando permite expresar en forma de transformaciones de fórmulas los cambios que en tales sistemas se producen. El instrumental teórico y el práctico orientaban hacia la búsqueda y el estudio del carácter concreto de las conexiones en tipos diferentes de sistemas: biológicos, sociales, etc. Poco a poco se descubrieron vastas posibilidades de investigaciones aplicadas partiendo de las representaciones teóricas de la cibernética.

Este descubrimiento científico también resultó posible gracias a que los nuevos principios teóricos de la cibernética se introdujeron partiendo de sistemas, ya comprobados, de conocimientos en las matemáticas, en la lógica, en la biología, etc. Los investigadores recurrían a los métodos lógicos de análisis de los conocimientos científicos, a la utilización y a la elaboración de medios lógicos de conocimiento, etc. En esto, precisamente, se descubre el papel importante, y hasta cierto punto independiente, de las tareas cognoscitivas lógicas en la investigación científica.

Ningún razonamiento especulativo puede concluir con resultados como los que se obtuvieron con el nacimiento de la cibernética. Por esto, precisamente, es un error identificar los razonamientos especulativos en torno a supuestos objetos con la elaboración de un instrumental teórico, lógico

y matemático que permita diferenciar y estudiar nuevos objetos específicos y nuevos hechos concretos. En los razonamientos especulativos no es posible establecer una diferenciación de tareas cognoscitivas. Como quiera que en ellos no se introducen objetos concretos o específicos ni, por ende, hechos que posean características cualitativas y cuantitativas, se declaran innecesarias e inexistentes las tareas cognoscitivas empíricas. El quitar importancia a las acciones cognoscitivas empíricas o el negarlas conduce a una interpretación arbitraria de los fines y particularidades del conocimiento teórico; ello explica que resulte posible considerar como estudio teórico todo razonamiento lógicamente sistematizado. Procediendo de este modo es fácil identificar los razonamientos especulativos teológicos, idealistas objetivos y de filosofía natural, con las investigaciones teóricas en la ciencia.

3. En la investigación científica se establece una diferenciación entre conocimientos firmemente establecidos y conocimientos hipotéticos. Estos existen en forma de proposiciones particulares en las que se formulan conjeturas o suposiciones en forma de hipótesis que proporcionan una explicación lógica coherente a determinados hechos comprobados. La formulación de conocimientos hipotéticos ha de satisfacer, desde el punto de vista lógico, las mismas exigencias que satisfacen los conocimientos firmemente establecidos. Los primeros, sin embargo, por las causas que sean, todavía no han recibido confirmación o comprobación empírica. Estas especies de conocimientos no pueden

utilizarse del mismo modo en la formulación de los problemas ni en las diversas acciones cognoscitivas encaminadas a su resolución. Han de diferenciarse las conclusiones que se derivan de conocimientos comprobados y las que se infieren de conocimientos hipotéticos. Su confusión puede situar al investigador en falsos caminos del razonamiento y crear la ilusión de que se ha resuelto un problema cuando en realidad todavía han de llevarse a cabo laboriosas búsquedas: puede hacer surgir dificultades complementarias en la comprobación empírica de los resultados obtenidos en un estadio de la investigación. Por otra parte, no se deben confundir, en la investigación científica, las posibles conclusiones lógicas derivadas de unos conocimientos y las consecuencias, empíricamente comprobables, que de ellos se desprendan. También en estos casos es importante diferenciar los conocimientos firmemente establecidos y los hipotéticos. En principio, esos dos tipos de conocimientos permiten construir del mismo modo conclusiones lógicas, pero se diferencian de manera especial en los procedimientos para obtener consecuencias empíricamente comprobables.

La diferenciación de los conocimientos firmemente establecidos y los hipotéticos sólo es posible cuando los conocimientos mismos se convierten en objeto especial de estudio. Con este fin se elaboran en la ciencia diversos métodos de análisis de los conocimientos científicos.

En los razonamientos especulativos no se establece una diferenciación entre las tesis firmemente establecidas y las hipotéticas, entre las con-

clusiones lógicas posibles y las consecuencias empíricamente comprobables. En ese ámbito, tal diferenciación resulta sencillamente imposible: ni los problemas especulativamente formulados, ni las conclusiones que puedan obtenerse en una u otra etapa del razonamiento ni los resultados finales son susceptibles de ninguna comprobación unívoca (ni siquiera limitada) por medio de hechos.

4. Constituye un fin esencial de la investigación científica el proporcionar una explicación de los hechos, procesos, etc. que se estudien. Por regla general, también culminan en una explicación los razonamientos especulativos. Existen, empero, diferencias de principio entre estas especies de explicaciones. La explicación científica se construye partiendo de criterios y pautas elaborados, base de las exigencias que se presentan a las leyes, teorías e hipótesis con que se explican los hechos o fenómenos que se estudian. Este es el motivo de que la explicación científica tenga siempre un carácter concreto o específico y presuponga conclusiones empíricas concretas. Se elabora en el marco de esquemas constructivos lógicos especiales en los que cada elemento componente puede interpretarse de manera unívoca y puede utilizarse en otras investigaciones científicas, en métodos de conocimiento lógicos y empíricos.

Esquemas análogos también se elaboran y se utilizan en la investigación científica para obtener predicciones. Las predicciones científicas siempre se refieren a una esfera objetual concreta y por esto siempre presuponen, como la explicación cien-

tífica, consecuencias empíricas concretas. Gracias a esto pueden destacarse en la ciencia los principios, leyes, teorías o hipótesis que posean las mayores posibilidades de predicción. Al construir una predicción científica hay que fijarse no sólo en los fenómenos concretos que se han de obtener necesariamente dadas unas condiciones determinadas, sino, además, en lo que, dadas estas mismas condiciones, no debe producirse. Si no se logra obtener tales predicciones específicas, se somete a análisis crítico y a comprobación cada elemento del esquema constructivo lógico.

En los razonamientos especulativos no se elabora ni se utiliza un instrumental teórico y lógico-matemático especial, que permita dar explicaciones y hacer predicciones científicas unívocas, empíricamente comprobables. En consecuencia, los resultados de tales razonamientos no pueden considerarse como conocimientos en sentido estricto. En los sistemas especulativos de razonamientos es imposible establecer una diferencia entre explicación real y buen deseo, entre predicción y profecía, entre previsión y fe. En su ámbito, las explicaciones y las predicciones sólo pueden aceptarse o rechazarse por razones subjetivas.

CAPÍTULO IV

EL PAPEL COGNOSCITIVO DE LA METODOLOGÍA Y DE LA LÓGICA EN LA INVESTIGACION CIENTÍFICA

Hemos visto que en toda investigación, el científico ha de controlar tanto sus propias acciones cognoscitivas como los resultados que se obtengan. En esos casos, se ocupa de otro objeto: del proceso del conocimiento, de sus propias acciones cognoscitivas.

En la ciencia, el proceso científico del conocer y la actividad cognoscitiva se explican por medio de diversas teorías. Al investigador no le basta conocer dichas teorías, ha de saber aproximarse a ellas con espíritu crítico. Las posibilidades cognoscitivas de las teorías en cuestión no son iguales cuando se trata de resolver problemas concretos o de superar dificultades. Veamos algunas cuestiones en las que es de singular importancia el papel cognoscitivo de la metodología y de la lógica.

1. Observaciones críticas a una concepción errónea

En el siglo XX, el desarrollo de la ciencia va acompañado de un aumento de la complejidad de los medios de conocimiento no sólo materiales, sino, además, lingüísticos. Con más amplitud que antes utilizan los científicos diversos lenguajes artificiales, o lenguajes simbólicos, en física, química, biología y muchas otras ciencias.

El uso del lenguaje en la ciencia y en el proceso empírico espontáneo del conocer, se diferencia de modo esencial. En la actividad cognoscitiva cotidiana, al hombre, por lo común, le basta la exactitud que se consigue mediante el lenguaje natural; no se conocen las exigencias y las condiciones en que las palabras y los signos reciben un sentido unívoco o un significado exacto; en esas circunstancias, el lenguaje natural no es objeto de ningún estudio sistemático. En la ciencia, el uso del lenguaje se controla consciente y sistemáticamente, se puntualizan con todo rigor el sentido y el significado de las palabras y de los signos que se introducen, para lo cual se recurre a definiciones o a diversos tipos de determinaciones lógicas. Si no se conocen esos medios, es imposible en la ciencia leer y comprender la información transmitida por medio de palabras y de signos. El científico no puede ni introducir ni aceptar ni rechazar los medios lingüísticos por razones puramente intuitivas. Necesita conocer y saber utilizar los métodos de introducción de las palabras y de los signos con fines cognoscitivos y expresivos, nece-

sita tener en cuenta los fundamentos que permiten determinar y comprobar tanto la verdad lógica como la fáctica u objetiva de las proposiciones y de las conclusiones.

Este es, precisamente, el motivo de que en el siglo XX el lenguaje natural y diversos lenguajes artificiales se conviertan en objeto especial de estudio sistemático. Además, empiezan a desempeñar un importante papel los medios y métodos de la lógica formal. Muchos lógicos se aplican a estudiar y elaborar minuciosamente sistemas simbólicos, a aclarar las posibilidades cognoscitivas de semejantes sistemas en la ciencia contemporánea. Los lenguajes artificiales se utilizan en calidad de modelos singulares para estudiar las propiedades del lenguaje natural[1].

Los resultados de las investigaciones lógicas acerca del papel cognoscitivo del lenguaje en la ciencia son objeto de distintas interpretaciones. Dedican singular atención a estas cuestiones los miembros de varias escuelas del neopositivismo. A menudo utilizan los resultados de las investigaciones del lenguaje para revisar la problemática filosófica históricamente formada y enlazan con las investigaciones lógico-lingüísticas la resolución de muchos problemas, metodológicos y lógicos, del desarrollo de la ciencia. Entre los filósofos de orientación positivista se encuentra muy difundida

---

(1) *E. W. Beth*, "The Relation Betwen Formalised Languages and Natural Language. Form and Strategy in Science", Dordrecht-Holland, 1964, p. 66-79.

la idea de que el estudio del lenguaje y de los métodos de su utilización es lo que constituye la dirección principal de las investigaciones filosóficas. A su juicio, mientras que la filosofía anterior no sabía distinguir —ni en su propio desarrollo ni, menos aún, en el desarrollo de las otras ciencias— los problemas científicos de los pseudoproblemas, los medios y métodos para el control de la utilización del lenguaje en la ciencia permiten resolver también esa importante tarea.

Examinemos una de tales concepciones, la propuesta por R. Carnap, descollante filósofo y lógico. Carnap expone con todo rigor sus concepciones en el libro *Sentido y necesidad*. "La aceptación de nuevos objetos —escribe— se expresa en el lenguaje introduciendo un armazón lingüístico: nuevas formas de expresión que han de usarse en consonancia con un nuevo grupo de reglas"(2). Y más adelante: "...la introducción de nuevos procedimientos del hablar no requiere justificación teórica alguna, dado que no presupone ninguna afirmación de la realidad. Sin embargo, podemos hablar (como hemos hecho) de «aceptación de nuevos objetos», dado que esta manera de expresarse es corriente; ahora bien, ha de tenerse en cuenta que esa frase no significa para nosotros nada más que el hecho de aceptar un nuevo armazón lingüístico, es decir nuevas formas lingüísticas. Ante todo, no debe interpretarse como referida a la suposición de la «realidad de los objetos», a la

(2) *R. Carnap*, "Sentido y necesidad", Moscú, 1959, pág. 309.

fe en ella o a la afirmación de ella"[3]. Carnap procura demostrar que el hecho de aceptar un lenguaje u otro no nos sitúa ante el problema de la realidad de los objetos que se estudian o ante "las cuestiones filosóficas concernientes a la existencia o realidad de todo el sistema de objetos en su conjunto"[4]. Siguiendo a Schlick y a otros miembros del círculo de Viena, ve estas cuestiones como "exteriores" respecto a la actividad cognoscitiva del investigador y a la utilización de formas lingüísticas. A las "cuestiones exteriores", carentes de sentido cognoscitivo, opone las denominadas "cuestiones interiores", que surgen con la adopción de nuevas formas lingüísticas. Estas cuestiones se refieren al estudio de los "estados físicos", a la "elección de rasgos", al "paso de un sistema de cosas", a un "sistema físico de coordenadas", etc. Las cuestiones de ese tipo pueden ser empíricas y lógicas; correspondientemente, las respuestas acertadas que a ellas se den serán o fácticamente verdaderas o analíticas[5].

Carnap sin duda alguna tiene razón al subrayar el gran papel cognoscitivo del lenguaje. En efecto, si no se adopta tal o cual lenguaje, incluidas las nuevas formas lingüísticas, es imposible formular preguntas, construir razonamientos y estructurar conocimientos acerca de ningún objeto. Por esto precisamente los métodos de control de la aplicación del lenguaje constituyen una parte

(3) Ibídem, págs. 310-311.
(4) Ibídem, pág. 310.
(5) Ver ibídem.

esencial de la actividad cognoscitiva en la ciencia. En este sentido, las investigaciones lógicas del lenguaje desempeñan un papel metodológico de suma importancia.

¿Realmente, sin embargo, la utilización del lenguaje en las ciencias empíricas no va de ningún modo unida a la concepción gnoseológica sobre la realidad de los objetos estudiados? ¿Es posible elaborar una teoría del significado aislándose del estudio gnoseológico de la actividad cognoscitiva misma en las ciencias empíricas? ¿Puede resolver todas las dificultades y todos los problemas metodológicos la elaboración de métodos lógicos? ¿No necesita realmente de ninguna justificación teórica la introducción de nuevas formas lingüísticas en las ciencias empíricas? Es difícil poner en duda la importancia de estas cuestiones. No hay modo de eludirlas al estudiar la actividad cognoscitiva de los científicos, son parte esencial de la metodología de la ciencia y de la gnoseología.

Veamos algunas cuestiones importantes de la utilización del lenguaje en las ciencias empíricas. En toda investigación científica es necesario diferenciar los conocimientos comprobados, objetivamente verdaderos, y los hipotéticos. Para ello, el investigador recurre necesariamente al análisis significativo del lenguaje de la ciencia como medio de expresión de los conocimientos. Ahora bien, los métodos lógicos del análisis del lenguaje de la ciencia y de los conocimientos científicos no pueden resolver esa tarea, no constituyen más que una premisa de partida necesaria. La tarea sólo puede cumplirse recurriendo al método lógico-

empírico de análisis de los sistemas científicos del saber. Dicho método nos indica qué exigencias ha de satisfacer la construcción de sistemas de conocimientos para que puedan confrontarse unívocamente con la correspondiente esfera objetual y puedan comprobarse por medio de hechos.

Todos los sistemas de conocimientos en que se admita por principio la comprobación empírica recurriendo a los hechos, han de tener por lo menos los elementos siguientes:

1. Principios de partida o axiomas que sirvan de base para construir todas las inferencias con que se expliquen o se predigan los fenómenos específicos. De los principios y axiomas objetivamente verdaderos es posible obtener las correspondientes consecuencias empíricas.

2. Un sistema de reglas lógicas y matemáticas que permitan operar unívocamente con conceptos, términos y signos en el marco de esos sistemas de conocimientos.

3. Un sistema de proposiciones gracias a las cuales los conceptos, términos y signos introducidos se enlazan unívocamente con determinadas características del sistema objetual estudiado —con propiedades, conexiones, dependencias, interacciones, etc.

4. Un procedimiento para construir inferencias lógicas que permita explicar y predecir fenómenos específicos individuales en una esfera objetual dada, y ello de manera única.

Ninguno de estos elementos es suficiente, por sí mismo, para obtener las consecuencias empíri-

cas supuestas tomando como base los principios o axiomas de partida. Sólo todos ellos en conjunto constituyen la estructura lógica que permite llevar a cabo la comprobación empírica.

Veámoslo tomando como ejemplo la segunda ley de Newton. Sabido es que la ley, en la ciencia, puede considerarse como un sistema especial de conocimientos con el que se construye una explicación o una predicción. El sistema de conocimientos que tiene forma de ley puede incluirse en otro más amplio: en una teoría. Así, la segunda ley de Newton se incluye en la teoría denominada mecánica clásica. El sistema de conocimientos en forma de ley individual puede utilizarse independientemente cuando aún no existe la teoría.

La segunda ley de Newton nos dice que la fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración. Esta ley destaca tales parámetros del sistema mecánico como la fuerza, la masa y la aceleración, y expresa unívocamente la dependencia cuantitativa de unos respecto a los otros valiéndose de la fórmula matemática $F = m.a$.

Toda fórmula matemática utilizable en las ciencias empíricas constituye un tipo especial de proposición sobre la dependencia cuantitativa entre los parámetros delimitados. Tales proposiciones se utilizan para construir explicaciones y predicciones, para obtener determinadas conclusiones empíricas.

Conocer el carácter de la dependencia entre los parámetros delimitados, es de suma importancia para la comprobación empírica de leyes, teo-

rías e hipótesis. Semejante comprobación, sin embargo, requiere saber qué se ha de entender por fuerza, por masa y por aceleración, así como de qué manera se opera con los símbolos introducidos. Obtendremos este conocimiento valiéndonos de definiciones que dan sentido a los conceptos utilizados (fuerza, masa y aceleración) y de las reglas matemáticas que sirven para operar con los símbolos *(F, m, a)*. La segunda ley de Newton se incluye en la teoría de la mecánica clásica. En el marco de esta teoría se definen los conceptos de fuerza, masa y aceleración. La denotación simbólica de los parámetros destacados en esta ley es una condición importante del paso a las reglas matemáticas de las operaciones con símbolos.

¿De qué manera, empero, los conceptos destacados (fuerza, masa y aceleración) y los símbolos *(F, m, a)* se enlazan unívocamente con las características concretas de los sistemas mecánicos? ¿De qué manera se presenta el carácter de tales o cuales acciones cognoscitivas empíricas necesarias para la comprobación o la utilización práctica de la segunda ley de Newton?

Sirve para ello un sistema especial de proposiciones que enlazan unívocamente tales conceptos y símbolos con los sistemas mecánicos. Es posible definir de diferentes maneras los conceptos de fuerza, masa y aceleración. La masa, por ejemplo, se define como medida cuantitativa de la inercia o mediante la ley de la conservación del impulso. A menudo en la mecánica la definición de los conceptos de masa y fuerza se enlaza con las

fórmulas mismas de las leyes segunda y tercera de Newton[6]. Sin embargo, cualquiera que sea la definición que de estos conceptos se tome en el marco de la mecánica clásica, o de otra mecánica, en último término expresa o denota —en forma de proposiciones especiales— una propiedad concreta del sistema mecánico. Tomemos, por ejemplo, la proposición: la masa *(m)* en la mecánica clásica denota una medida cuantitativa de energía. Esta proposición desempeña un papel muy importante en el sistema de razonamientos y de acciones cognoscitivas adoptado: permite pasar a la medición de esta medida cuantitativa y a su expresión en unidades cualesquiera: gramos, libras, etc.; permite enlazar unívocamente el simbolismo matemático con operaciones concretas de medición y hallar procedimientos matemáticos para expresar y calcular la medida cuantitativa de la inercia. Si, digamos, surgen interrogantes como: ¿depende o no de la celeridad, la masa?, ¿es la masa una magnitud constante?, etc., se busca la respuesta en experimentos que se basan en mediciones. Semejantes experimentos son los que han permitido llegar a la conclusión de que podemos considerar la masa como una magnitud constante mientras las velocidades no superen en un 1 % la velocidad de la luz.

Proposiciones de ese género se formulan también para los conceptos de "fuerza" y "aceleración". Gracias a ellas se realiza el tránsito, lógica

---

(6) *N. Hanson,* "Patterns of Discovery", Cambridge University Press, 1958, p. 99-101.

y empíricamente controlable, de los conceptos teóricos a los propios objetos estudiados, cuya naturaleza es completamente distinta de la que tienen los conocimientos y los medios lingüísticos de su expresión.

Examinemos, finalmente, otro elemento del sistema científico de conocimientos que admite comprobación empírica por medio de hechos: el procedimiento de construcción de inferencias lógicas. Hallar un modo uniforme de explicar y predecir fenómenos concretos en el campo objetual estudiado, es un fin muy importante de la investigación científica así como de la construcción de sistemas científicos de conocimientos. Es en este fin donde se descubre, ante todo, la diferencia esencial entre la estructura de una explicación en la ciencia y en los sistemas especulativos. Así, en la explicación teológica, aparece como fundamento inicial de todos los razonamientos la "voluntad divina". A ella se recurre para el "estudio" de las guerras, de la muerte inesperada de una persona, de los cataclismos, etc. Como quiera que no existe a nuestra disposición ningún método para analizar esa "voluntad divina", su existencia se acepta por un acto de fe, y esto determina el carácter de la explicación teológica. En ella no hay ni puede haber un tránsito, empírica y lógicamente comprobable, de una fundamentación general a los fenómenos concretos; cada vez se aplica un solo y mismo procedimiento explicativo: "ésta ha sido la voluntad de Dios". No puede haber otros procedimientos: partiendo de la "voluntad divina", es imposible hacer ninguna predicción concreta acer-

ca de su acción necesaria sobre determinadas esferas objetuales concretas. De ahí que en el marco de un sistema teológico, como de cualquier otro sistema especulativo, sea imposible explicar de manera uniforme y específica fenómenos concretos, es decir, situarlos en dependencia —empíricamente controlable— de causas, leyes, dependencias, etc., descubiertas y estudiadas.

En la ciencia, el procedimiento para construir conclusiones que expliquen fenómenos concretos se elabora partiendo de fundamentos completamente distintos. En primer lugar se presupone que las dependencias entre los parámetros delimitados tienen un carácter completamente concreto. Por ejemplo, la segunda ley de Newton formula la dependencia *mecánica* entre la fuerza, la masa y la aceleración. En segundo lugar, se buscan y se estudian las condiciones concretas de la acción de dicha dependencia en niveles *específicos.* Para construir inferencias partiendo de la segunda ley de Newton, es necesario conocer las "condiciones iniciales" que se sitúan en la coordenada y el impulso del cuerpo (de la partícula) en movimiento. Se presupone, además, que la medición del estado del cuerpo que se mueve, en cualquier instante, no da origen a cambios esenciales en la conducta del mismo. Tomando en consideración estas condiciones, es posible construir inferencias de un solo tipo sobre el estado de un cuerpo que se mueve en uno u otro lapso de tiempo. En este caso, las inferencias se construyen en forma matemática. Conociendo, por las mediciones, unos parámetros, es posible determinar otros paráme-

tros y, por consiguiente, predecir el comportamiento de los cuerpos que se mueven.

Desde luego, en los sistemas científicos de conocimientos, las inferencias no se construyen necesariamente en forma matemática. Muchas teorías carecen todavía de instrumental matemático elaborado y en ellas las inferencias se hacen en forma verbal. Huelga decir que semejante manera de construir las inferencias no posee el rigor que puede alcanzarse aplicando las matemáticas. Al mismo tiempo, las inferencias en forma verbal han de satisfacer las exigencias de la controlabilidad lógica y empírica, han de explicar y predecir uniformemente los fenómenos específicos en unas condiciones concretas.

Resumamos el breve examen del método lógico-empírico de análisis de los sistemas científicos de conocimientos.

1. La comprobación empírica de la verdad objetiva de los sistemas científicos de conocimientos no puede reducirse sólo a la puntualización de los medios lógico-lingüísticos. Presupone la diferenciación consecutiva por lo menos de tres sistemas:

a) del sistema de dependencias objetivas (en el ejemplo examinado, entre la fuerza, la masa y la aceleración). El carácter de esta dependencia no está lógicamente dado en ninguna investigación científica; hay que descubrirla formulando hipótesis y comprobándolas empíricamente mediante observaciones, mediciones y experimentos. Así, la respuesta a la pregunta de qué influjo ejercen sobre la aceleración factores como la situación

geográfica, la estación del año, la temperatura, etc. no se da ni por los medios matemáticos utilizables ni por el armazón lingüístico de la mecánica clásica. Hay que llevar a cabo experimentos complicados, hay que realizar observaciones y mediciones. Las preguntas que en este caso formula el investigador no conciernen al lenguaje utilizado, sino al sistema mecánico mismo, a las dependencias concretas entre los parámetros delimitados. Al resolver tales cuestiones es necesario diferenciar la sucesión espacio-temporal de los acontecimientos en el sistema objetivo y la sucesión de las propias acciones cognoscitivas, la posibilidad o la imposibilidad de realizar observaciones y mediciones, de llevar a cabo experimentos, etc.

b) del sistema lógico-lingüístico con que se formulan los problemas, se estructuran los razonamientos y los conocimientos, se denotan y se introducen lógicamente en el estudio nuevos objetos.

c) del sistema (o sistemas) de las acciones cognoscitivas que se han de diferenciar tanto de los objetos estudiados como de los medios lógico-lingüísticos. El investigador se sitúa en una determinada relación con el objeto estudiado ante todo mediante diversas acciones cognoscitivas prácticas o empíricas. En la ciencia contemporánea estas acciones, por regla general, están relacionadas con la utilización de medios materiales de conocimiento.

En el estudio de los objetos reales no sólo es importante saber lo que acerca de ellos pueda decirse en el marco del sistema lógico-lingüístico

utilizado, sino, además, lo que con ellos pueda hacerse mediante acciones cognoscitivas prácticas.

A estas acciones se presentan exigencias especiales. Aquí indicaremos sólo dos de ellas: a) las acciones cognoscitivas prácticas han de ser de tal naturaleza que resulte posible fijarlas y, por consiguiente, reproducirlas en un determinado orden; b) han de permitir la obtención de resultados unívocos en unas condiciones dadas.

2. En la investigación científica, incluyendo la comprobación empírica de los conocimientos, es necesario controlar y concordar los resultados utilizando métodos de conocimiento tanto lógicos como empíricos, así como las acciones cognoscitivas que se llevan a cabo partiendo de diversas premisas. Por ejemplo, para medir las moléculas en las mezclas de gases, se utilizan la viscosidad del gas, la difusión de la luz solar y la radiactividad. El investigador ha de analizar los fundamentos teóricos que permiten comparar los resultados obtenidos, divergencias en las mediciones, etc. Pero como quiera que sea, el investigador no sólo ha de ocuparse de los objetos que estudia, sino, además, de sus propias acciones cognoscitivas y de los resultados que con ellas obtenga: hechos y signos.

¿De qué premisas o fundamentos parte el investigador para controlar y valorar sus acciones cognoscitivas? Puede apoyarse en la experiencia que él mismo haya adquirido trabajando como investigador, en la tradición de la escuela a que pertenezca. Pero también puede recurrir a teorías especiales que se elaboran para el estudio de la

actividad cognoscitiva: a la teoría del conocimiento, a la metodología y a la lógica de la ciencia.

¿Con cuál de esos caminos enlaza R. Carnap las denominadas "cuestiones internas"? Si supone que al científico le basta la experiencia personal adquirida investigando, tal punto de vista no concuerda con la historia del desarrollo de la ciencia, en particular durante los últimos 70-80 años. Las ciencias naturales contemporáneas han exigido un análisis crítico de las representaciones anteriormente formadas sobre la exactitud empírica, la matemática y la lógica, sobre el papel de los medios de conocimiento matemáticos, lógico-lingüísticos y en particular materiales, sobre la conexión de las construcciones teóricas con los hechos dados, etc. Hoy en día no es posible ya prescindir de un estudio especial de la actividad cognoscitiva y de los métodos y medios de conocimiento que se emplean en la ciencia. Los resultados de semejante estudio son de extrema importancia para la preparación de científicos y constituyen un conocimiento inicial en cualquier investigación científica. Y no hay manera de eludir, al respecto, la siguiente cuestión: cuál es el papel cognoscitivo que desempeñan las orientaciones gnoseológicas según las cuales los objetos que se estudian se consideran como realmente existentes antes de la actividad cognoscitiva y con independencia de los medios y métodos de conocimiento utilizados. Sin la delimitación consecutiva de los sistemas objetivos incluidos en la investigación científica en calidad de objetos de estudio, y de las acciones, los métodos y de los medios cognoscitivos de dis-

tinto género es imposible comprender la naturaleza de los hechos y de los conocimientos científicos. Carnap no ve estos problemas precisamente porque rechaza la gnoseología materialista, para la cual las "cuestiones externas" son parte componente de la actividad cognoscitiva del investigador.

3. Si se acepta la concepción de Carnap y nos circunscribimos al estudio de los "armazones lingüísticos", quedan en la sombra varias cuestiones esenciales. Para la teoría del conocimiento y la metodología de la ciencia es importante saber de qué manera descubrimos "nuevos objetos" y los incluimos en la investigación científica. La historia del desarrollo de la ciencia pone de manifiesto que tales objetos no siempre son dados por "armazones lingüísticos". ¿De dónde se toman? ¿Cuáles son las vías y los métodos que permiten descubrirlos? ¿Es necesario estudiar tales vías y métodos a diferencia del análisis de los "armazones lingüísticos"? ¿Y de qué modo ha de hacerse? Desde el punto de vista materialista, todo esto son problemas metodológicos independientes. Su resolución no puede conectarse sólo con el estudio de las propiedades de los "armazones lingüísticos". Es indispensable investigar todo el proceso real del conocimiento incluyendo el papel de los medios y métodos materiales del conocimiento.

Partiendo de la concepción de Carnap, es difícil hallar criterios para diferenciar los "armazones lingüísticos" con que es posible descubrir nuevos objetos de aquellos que no pueden utilizarse con este fin. Ahora bien, semejante diferenciación tiene una importancia de principio en la

ciencia, y es imposible establecerla si no se estudia de manera especial cómo se forman los "armazones lingüísticos" y cómo se relacionan éstos con los objetos que se encuentran fuera de los armazones. Además: ¿están dados aprioristicamente los "armazones lingüísticos" para todos los tiempos o cambian bajo la acción de algunos factores? La historia del conocimiento científico indica que cambian, y en su cambio desempeñan un papel decisivo el descubrimiento de nuevos objetos, el perfeccionamiento de los medios de conocimiento y la elaboración de métodos concretos para la utilización práctica de los conocimientos científicos.

Carnap considera que la adopción de nuevas formas lingüísticas "puede estimarse sólo como más o menos adecuada, fecunda y conducente al fin para el que el lenguaje sirve"(7). El quid está en si es o no posible comprender acertadamente ese fin con independencia de la teoría, y en caso negativo, a qué teoría precisamente hemos de recurrir para estudiar "el fin para el que el lenguaje sirve", para valorar la "fecundidad y la oportunidad" de recurrir a nuevos "armazones lingüísticos". En las ciencias empíricas, la formación del sentido de los conceptos y de los significados de los signos se halla enlazada con los puntos de partida, empíricos y teóricos, de la actividad cognoscitiva del investigador, puntos de partida que él no puede elegir arbitrariamente. El punto de partida empírico —diferenciación de

(7) *R. Carnap*, "Sentido y necesidad", pág. 311.

hechos sobre nuevos objetos está dado, en mucho, por los medios materiales de conocimiento, por las acciones cognoscitivas prácticas y por los esquemas deterministas confirmados en la práctica. El punto de partida teórico está formado por diversos esquemas aceptados en la ciencia (causales, probabilísticos, etc.) según los cuales es posible buscar y construir una explicación con ideas e hipótesis utilizadas antes para fines indagatorios, con principios ya confirmados (principios de conservación, etc.). El investigador no puede aislarse de todo ello al utilizar medios lógico-lingüísticos. Por esto la teoría del conocimiento y, en particular, la metodología de la ciencia han de estudiar la dependencia concreta entre los tres puntos de partida de la investigación científica: el empírico, el teórico y el lógico-lingüístico.

2. Las acciones cognoscitivas del investigador y los medios de conocimiento

Más arriba hemos dicho que a medida que la ciencia se desarrolla se elaboran y se perfeccionan los medios de conocimiento —materiales, matemáticos, lógicos y lingüísticos—, que se utilizan en la obtención de conocimientos de la cual son una condición cada vez más importante. Con el fin de elaborar medios materiales de conocimiento se crean ramas enteras de la industria en las que trabajan gran número de científicos, de ingenieros y de diseñadores.

Se dedica gran atención al estudio de los medios cognoscitivos al preparar a los científicos.

El investigador necesita familiarizarse con la realización de observaciones, mediciones y experimentos, con el análisis lógico de los conocimientos científicos, con la comprobación de las hipótesis formuladas y con otras acciones cognoscitivas. La adquisición de los correspondientes hábitos requiere una preparación especial.

Nuestra tarea estriba en examinar la dependencia que se da entre los medios de conocimiento utilizados y el carácter de las acciones cognoscitivas del investigador. Esta dependencia cambia históricamente ante todo como resultado del cambio de los medios de conocimiento: de ellos, precisamente, ha de partir el científico en la investigación; esos medios determinan en gran medida el carácter de las acciones cognoscitivas de aquél e influyen sobre la comprensión de los problemas cognoscitivos teóricos y del método de su resolución.

Todos los medios de conocimiento se construyen, se crean y se elaboran especialmente para unos fines determinados. Esto es lo que los distingue de la facultad que posee el hombre de pensar, construir, percibir sensorialmente el mundo exterior, y de otras particularidades de la conciencia humana. Por esto no sustituyen la conciencia del hombre y no basta considerarlos como continuación directa de los órganos de nuestros sentidos. Los medios de conocimiento no repiten de ningún modo ni copian las formas de los cuerpos naturales, y es necesario diferenciarlos de los propios objetos estudiados.

En el estudio sistemático, y orientado hacia

un objetivo, de los objetos, corresponde un papel de singular importancia a los medios materiales de conocimiento: a los diversos aparatos de medición y de observación, a los dispositivos especiales de experimentación que permiten modificar los objetos que se estudian y fijar los cambios producidos. No es difícil darse cuenta de que en todos estos casos existe siempre una interacción entre el medio material de conocimiento y el objeto cognoscible. El estudio de los objetos no resulta posible cuando tal interacción no existe o cuando, por las causas que sean, no se logra fijarla. Se estudia y se tiene en cuenta en los cálculos, al construir los medios materiales de conocimiento.

Por ejemplo, en la cámara de Wilson, destinada a la observación de la trayectoria de vuelo de partículas alfa y beta, se utilizan propiedades de los vapores sobresaturados del agua o del alcohol. Las partículas, al volar a gran velocidad a través de la cámara con vapores sobresaturados, dejan en su camino una huella de niebla en forma de cadenita de iones en cada uno de los cuales se condensa una gotita de agua o de alcohol. Las huellas neblinosas se fotografían a través de una parte transparente de la cámara. La utilización de la cámara de Wilson se funda en el cuidadoso estudio de las acciones entre una partícula rápida y los átomos o las moléculas de los vapores sobresaturados. Se tienen en cuenta fenómenos como la condensación de los vapores, la ionización de los átomos o de las moléculas por partículas rápidas, etc. Esta interacción es lo que figura en la base de la elaboración de los métodos exactos con que

se miden el impulso, la masa en reposo, la energía y otras propiedades de las partículas en la cámara de Wilson[8].

Otro ejemplo: Actualmente se está estudiando con mucha intensidad la estructura de las moléculas de las proteínas. En este campo de investigación científica, los experimentos se basan ante todo en la utilización del análisis de la estructura por rayos X. Se toma un cristal compuesto de moléculas de proteínas, se le da vueltas alrededor de su eje y se le bombardea con un haz de rayos X. Los rayos, difractados en el retículo cristalino, se registran en una placa fotográfica; sobre un fondo oscuro se obtiene una imagen de manchas claras. La medición de las posiciones relativas y de la intensidad de las manchas proporciona el material de partida para los cálculos. Sobre la base de los cálculos se construyen tablas de coordenadas con una distribución tridimensional de los electrones en la molécula[9]. El análisis de la estructura por rayos X se funda en la interacción de los rayos X con las moléculas de los cristales. Cuando el cristal se expone al haz de rayos X, surge la difracción que permite estudiar la estructura de las moléculas de las proteínas.

En el estudio y en la utilización de los medios de conocimiento separamos varias cuestiones.

---

(8) Ver *J. Wilson,* "La cámara de Wilson". Moscú, 1954.

(9) Ver *A. Oettinger,* "Las calculadoras en las investigaciones científicas". "Información", Moscú, 1968, pág. 125.

1. Los medios materiales de conocimiento siempre son construcciones especiales que permiten resolver tareas cognoscitivas concretas. En semejantes construcciones se destaca tal o cual grupo concreto de propiedades y se utiliza con el fin de descubrir y estudiar propiedades, características y hechos en los objetos cognoscibles. Las primeras propiedades se ven como conocidas; las segundas, como objetos que se han de someter a una investigación orientada hacia unos objetivos concretos y sistemática. Así, al trabajar con la cámara de Wilson, se consideran conocidas tales propiedades de la condensación de vapores como la formación de centros de condensación, el equilibrio de las gotas cargadas, el crecimiento de las gotas en las partículas cargadas, etc.; tales propiedades de la ionización de los átomos o de las moléculas por las partículas rápidas, como la energía de las colisiones, la distribución de los iones, la ionización media, etc. Utilizando estas características ya estudiadas, se estudian y se miden el impulso de las partículas rápidas, la masa en reposo, la energía y otras propiedades. La situación es análoga en las orientaciones experimentales que emplean el análisis de la estructura por rayos X.

2. En la investigación científica, la utilización de los medios materiales de conocimiento está determinada por la construcción de dichos medios. El científico puede obtener, en este terreno, los resultados deseables únicamente si parte de las posibilidades cognoscitivas de los medios dados. Cada aparato presupone una sucesión de acciones prácticas y un esquema para obtener determinados

datos empíricos sobre los objetos estudiados, presenta determinadas exigencias a la formulación de los fines de la investigación y de sus tareas cognoscitivas concretas, así como al carácter de las hipótesis que se aduzcan. Por esto, precisamente, es equivocado considerar la actividad cognoscitiva del investigador como cierta "reflexión pura" condicionada sólo por las propiedades del pensador mismo o verla sólo como un sistema interno cerrado de pasos lógicos sobre el que influyen únicamente las indicaciones sensoriales, los medios lógico-lingüísticos, elementos convencionales, orientaciones psicológicas, etc.

Puede examinarse la utilización de los medios materiales de conocimiento por analogía con la utilización de los instrumentos de trabajo. Ya en los instrumentos más primitivos desempeñó un importante papel el elemento constructivo: entre los instrumentos y los objetos de trabajo se establecían acciones recíprocas que no podían darse en las condiciones naturales. La actividad constructiva del hombre se apoya en propiedades concretas de cuerpos materiales: los instrumentos y los objetos de trabajo. Todas las orientaciones conscientemente adoptables antes de que se inicie el proceso del trabajo (fin de la acción, figura del objeto que se crea, plan de las acciones, etc.) se hallan determinadas por la construcción de los instrumentos mismos de trabajo, por las propiedades diferenciadas y utilizables tanto en los instrumentos como en los objetos de trabajo. El hombre sólo alcanza los resultados deseables cuando parte de estas propiedades objetivas. Cuales-

quiera que sean las fuerzas sobrenaturales que invoque y los fantásticos planes que se le hayan ocurrido, el resultado final estará determinado por la diferenciación y la utilización de propiedades concretas de los instrumentos y de los objetos de trabajo.

En los medios materiales de conocimiento, este elemento constructivo empieza a desempeñar un papel de singular importancia. Por esto, precisamente, al construirlos es necesario formular con precisión la correspondiente serie de tareas cognoscitivas y el esquema de obtención de tales o cuales datos empíricos. Importa conocer no sólo lo que ha de ser estudiado, sino, además, qué propiedades, características o fenómenos se utilizarán, y de qué manera concreta se utilizarán, para obtener la correspondiente serie de datos. El investigador parte de estas particularidades constructivas de los medios de conocimiento que se utilizan al resolver tareas cognoscitivas, al formular hipótesis y en otras acciones cognoscitivas.

3. En la construcción y en la utilización de medios materiales de conocimiento es necesario tener en cuenta la interacción de las leyes formuladas para zonas objetuales cualitativamente distintas. Esa interacción influye de manera esencial sobre el carácter y el volumen de los datos empíricos que se obtienen. Por ejemplo, cuando para el estudio de fenómenos biológicos se emplean microscopios de distinto género, incluidos los electrónicos, hay que recurrir a las leyes de la óptica y de la electrodinámica para explicar los resultados obtenidos. Las leyes de la óptica geo-

métrica, por ejemplo, son exactas mientras no surge un fenómeno como la difracción; por otra parte, la difracción, la refracción y otras propiedades de las ondas electromagnéticas ejercen una influencia esencial sobre la obtención de datos empíricos. Por esto hay que estudiar las posibilidades de descubrir tales o cuales propiedades de las estructuras biológicas. Al construir y utilizar muchos aparatos y dispositivos experimentales para el estudio de los microprocesos se toma en consideración el cuanto de acción de Planck. De ahí, precisamente, que la construcción de los medios materiales de conocimiento presuponga el análisis de los conocimientos teóricos a que se recurre para interpretar los datos obtenidos.

4. Los medios materiales de conocimiento se utilizan para medir diversas características cuantitativas en los objetos estudiados.

La aplicación de aparatos y dispositivos perfectos para realizar mediciones, sobre todo al estudiar fenómenos del micromundo, ha exigido un cuidadoso análisis de los actos mismos de medición. Hasta el siglo XX, los naturalistas estimaron que era posible reducir al mínimo la perturbación que los medios de medición introducían en el comportamiento natural de los objetos estudiados; creían que semejante perturbación no ejerce ninguna influencia esencial sobre las magnitudes que se obtienen en la medición y que es posible desdeñarla en la interpretación de las magnitudes obtenidas. Partiendo de este criterio se suponía que todas las mediciones podían realizarse con la exactitud que se quisiera.

En las ciencias naturales contemporáneas, estas representaciones son objeto de profunda revisión; se precisan y se desarrollan las concepciones materialistas, teórico-cognoscitivas, del método de medición. En él pueden distinguirse: 1) un sistema de interacción entre los aparatos y los objetos que se miden; 2) un procedimiento de "traducción" de las características cuantitativas objetivas al lenguaje de los símbolos, por ejemplo matemáticos; 3) operaciones con los símbolos según reglas matemáticas o de otro tipo; 4) una cantidad de operaciones realizables, independientes y unitípicas, y la elaboración estadística de los resultados con el fin de obtener magnitudes de máxima exactitud.

Cada una de esas etapas, o elementos componentes, del método de medición ha de ser objeto de análisis y fundamentación independientes. Es sobre todo importante el estudio de la acción recíproca entre los aparatos y los objetos de medición. Sin un cuidadoso análisis de esta interacción no es posible aceptar los resultados de las mediciones, ya que podrían surgir los denominados parámetros y magnitudes ilusorios y representaciones teóricas equivocadas. Tales dificultades no sólo se presentan en la física cuántica, sino, además, en muchas otras ciencias.

En la física cuántica es difícil utilizar medios de conocimiento más finos que los propios microobjetos. Y los actos mismos de medición pueden introducir cambios esenciales en el comportamiento de los objetos que se midan. En el micromundo, no basta considerar las partículas elementales tan

sólo como objetos que existen independientemente de los actos de la medición; son ante todo objetos "concretamente cognoscibles mediante determinados medios de observación"[10]. Por esto es necesario tener en cuenta la estructura y las particularidades de funcionamiento de los aparatos correspondientes. Esa estructura y esas particularidades determinan el carácter especial de las condiciones de observación y medición de los microobjetos. Nosotros destacamos dos circunstancias: a) la aparición de propiedades concretas de los microobjetos, por ejemplo corpusculares u ondulatorias, condicionada por la estructura misma del aparato; b) situaciones en las cuales resulta imposible seguir detallando los objetos que se estudian y no pueden aparecer, en ellos, diversas características[11]. En la física cuántica, el investigador parte de un hecho ya establecido: la interacción de los aparatos con los microobjetos no se expresa en resultados cuantitativos rigurosamente unívocos. El estado y el comportamiento de los microobjetos pueden describirse sólo en forma probabilística. No es posible, por tanto, hablar de exactitud de las mediciones abstrayéndose de los medios de medición que se utilicen y de los métodos de elaboración cuantitativa de los resultados obtenidos.

En el estudio de la actividad vital de los organismos vivos, el uso de medios de medición

---

(10) *V. A. Fock*, "La física cuántica y la estructura de la materia", Editorial de la Universidad de Leningrado, 1965, pág. 6.

(11) Ver ibídem, págs. 12-14.

no ha de alterar el curso natural de los procesos de la vida, o sea, no ha de introducir estímulos nocivos de ninguna clase. En caso contrario, el investigador fijará no sólo los datos cuantitativos objetivos, sino, además, los resultados de los cambios patológicos provocados por los medios de medición. Por esto el investigador ha de darse cuenta de que en este terreno pueden obtenerse resultados no objetivos o inexactos. Semejantes inexactitudes pueden conducir, a su vez, a conclusiones teóricas erróneas. E. B. Babski indica que "muchas interpretaciones erróneas de los procesos fisiológicos y de las leyes de su curso arrancan, precisamente, de no tener en cuenta los cambios patológicos que introducen los procedimientos experimentales del investigador"(12).

A menudo las características cuantitativas de los objetos dependen de las proporciones del experimento. Por ejemplo, muchos procesos químicos sufren cambios esenciales al pasar de una escala experimental a otra. Según sean las condiciones del experimento, puede cambiar también el orden de las reacciones y, al mismo tiempo, pueden modificarse algunas características cuantitativas. por ejemplo las cinéticas.

De ahí que sea erróneo interpretar teóricamente los resultados de las mediciones sin tener en cuenta el carácter de la acción recíproca entre

(12) *E. B. Babski*, "Novedades en los procedimientos para obtener y analizar la información relativa a las funciones fisiológicas del organismo íntegro". "Aspectos biológicos de la cibernética", Moscú, 1962. pág. 125.

los medios de medición y los objetos estudiados ni la exactitud con que se hayan realizado las mediciones. No se debe confundir la exactitud accesible al utilizar los aparatos con la exactitud o con el rigor alcanzables en el nivel sígnico-verbal. En las ciencias naturales clásicas, sin embargo, no siempre se establecía semejante diferenciación. Muchos de los naturalistas de aquella época (Galileo, Kepler, Boyle y otros) vinculaban la exactitud de los conocimientos científicos sólo a la exactitud matemática. Consideraban como uno de los problemas más importantes de la ciencia la relación del instrumental matemático con el material empírico y con la naturaleza en su conjunto. Sin embargo, la atención principal no se dirigía a los actos mismos de las mediciones, sino a operaciones matemáticas con las magnitudes obtenidas. Se suponía que a todas las ecuaciones utilizables debía darse una interpretación empírica independiente de los procedimientos con que se obtenían las ecuaciones mismas. Tal interpretación se basaba, por regla general, en conjeturas diversas y a menudo muy complejas respecto a las propiedades de los objetos de estudio. Por ejemplo, la utilización del instrumental matemático en la teoría del calor se apoyaba en la conjetura de que la velocidad de la propagación del calor y los cambios de temperatura son continuos en los sectores de los objetos en que, por las causas que sean, resulta imposible hacer mediciones. Era singularmente importante el papel que desempeñaban las conjeturas formuladas a modo de los denominados principios: principio de la uniformidad de

la naturaleza, de la divisibilidad infinita y uniforme de todos los cuerpos de la naturaleza, etc. De hecho, tales principios se formulaban y se introducían en la investigación científica apriorísticamente, en forma de hipótesis especiales. La verosimilitud de semejantes hipótesis se demostraba haciendo concordar con ellas la aplicación del instrumental matemático. Era imposible confirmarlas empíricamente o inferirlas de otras teorías y luego compararlas con consecuencias empíricas. Las conjeturas de ese tipo se utilizaban sobre todo cuando resultaba imposible efectuar mediciones. En todos esos casos, sin embargo, se suponía que si las mediciones se realizaran los resultados no diferirían de la exactitud matemática obtenida al operar con signos o con números.

Estas representaciones no satisfacen a las ciencias naturales contemporáneas y pueden convertirse en una fuente de serios errores si el investigador parte de ellas al evaluar los resultados que se obtengan. Pueden engendrar la ilusión de que el empleo de instrumental matemático garantiza ya por sí mismo la obtención de conocimientos exactos, a la vez que esa exactitud resulta inaccesible en virtud de condiciones que se dan con independencia del instrumental matemático. No existe ningún "tránsito lógico" uniforme, dado de una vez para siempre, de las características medibles a los números o a otros símbolos[13]. Ese

(13) *P. W. Bridgman*, "How much Rigor is Possible in Physics? The Axiomatic Method". Amsterdam, 1959, p. 227.

tránsito ha de fundamentarse cada vez no sólo con argumentos teóricos, sino, además, con consideraciones prácticas. Aquí son posibles diversas idealizaciones teóricas y matemáticas[14]. Todas ellas, sin embargo, han de ser objeto de un cuidadoso análisis. Las conjeturas o idealizaciones introducidas sin rigor crítico pueden conducir a resultados erróneos tanto en las mediciones como en los razonamientos teóricos. En este asunto, lo mismo que en otras acciones cognoscitivas, es importante conocer las particularidades del control de las acciones cognoscitivas lógicas y empíricas.

5. La utilización de medios materiales de conocimiento ejerce una profunda influencia sobre la formación del aparato conceptual de las ciencias, sobre el carácter de las analogías, de las idealizaciones, de los argumentos, de los razonamientos y de las representaciones que se aplican con fines cognoscitivos, sobre los procedimientos de descripción de los objetos que se estudian. sobre los fines y los métodos de la investigación científica. Por desgracia, en las publicaciones filosóficas soviéticas aparecen todavía muy pocos trabajos en los que se investigue el carácter de semejante influencia. Desde luego, es necesario estudiar qué objetos han pasado a ser accesibles al análisis científico gracias a la creación del

(14) Ver *I. G. Guerásimov,* "La idealización matemática y el instrumental matemático de los métodos cuantitativos de análisis". "Algunos problemas de la metodología de la investigación científica", Moscú, 1968.

microscopio, del telescopio, de la cámara de Wilson, del sincrofasotrón, de los sputniks de la Tierra, etc. Sin embargo, la teoría materialista marxista del conocimiento no ha de detenerse en el estudio exclusivo de tales resultados. La influencia de los medios materiales de conocimiento ha de analizarse en todos sus aspectos. Nosotros nos circunscribiremos a un solo ejemplo.

El estudio de los procesos biológicos en los organismos vegetales y animales, incluido el hombre, tiene una larga historia. En la actualidad, investigan estos procesos, además de las ciencias biológicas, la biofísica, la bioquímica y otras ciencias. No obstante, también ahora conserva su papel cognoscitivo el denominado enfoque mecánico. Lo formuló ya, por primera vez, Descartes: los organismos de los animales y del hombre pueden considerarse como mecanismos. Desde su punto de vista, el reloj de agua, para aquel tiempo una construcción bastante compleja, permite representarse con claridad el carácter del funcionamiento de los organismos vivos. Aquella fue una tentativa de describir y explicar los procesos biológicos mediante conceptos y leyes de la mecánica clásica. Ahora sabemos que esta manera de proceder constituia una burda simplificación. Pero se daba en ella una importante idea científica: en los organismos de los animales y del hombre, existe una ordenación que se puede describir y explicar de modo análogo a como se describen y explican los fenómenos mecánicos. Los conceptos básicos con que se describían y se explicaban los mecanismos construidos por el propio hombre se

utilizaban para la descripción sistemática de los fenómenos biológicos, para la formación de hipótesis, para la construcción de sistemas de argumentos que apoyaban o refutaban las hipótesis presentadas.

Este enfoque no sólo influyó en las búsquedas y en la elaboración de vías y métodos para el estudio de los procesos biológicos, sino, además, en el estudio de la actividad del cerebro humano. A principios del siglo XX, el cerebro del hombre solía considerarse como un conmutador singular de una central telefónica automática. Actualmente se estima que el modelo más perfecto tanto de los organismos vivos en su totalidad como de sus partes singulares, lo constituyen las máquinas de calcular electrónicas (M.C.E.). Esta manera de investigar las funciones del cerebro y del sistema nervioso del hombre lleva al planteamiento de varios problemas científicos: ¿Puede considerarse el cerebro como un especial dispositivo de cálculo? ¿Puede crearse una máquina de calcular que "piense" de manera análoga a como piensa el cerebro?

En la resolución de estos problemas ocupa un importante lugar la idea de "autómata", es decir, de cierta máquina (o parte suya) idealizada. Esta idea se utiliza para señalar nuevas tareas y para elaborar conceptos teóricos como "autómata final", "número final de estados discretos", "entrada", "salida", "estado inicial", etc. Así se forma el carácter de las idealizaciones a las que hay que recurrir cuando se interpretan los datos de la

neurofisiología y de otras ciencias, los procedimientos de descripción de las características observables, los métodos de razonar y argumentar, así como otras acciones cognoscitivas del investigador[15].

En la actualidad, el uso cada vez más amplio de las M.C.E. facilita la aparición de nuevas ideas teóricas; algunas de ellas se emplean para describir y explicar varios procesos complejos: la reproducción de los organismos vivos, la evolución en el mundo vegetal y en el mundo animal, etc.; también influyen en la construcción de una clase entera de máquinas.

Sobre el desarrollo de la ciencia moderna ejerce una influencia inmensa —que va creciendo sin cesar— la matemática. Aumenta el volumen de los conocimientos matemáticos aplicables en muchas ciencias constituidas hace mucho tiempo (sociología, biología, etc.); en varias ciencias surgidas hace poco o en pleno período de formación (biofísica, bioquímica, cibernética, biónica, etc.) ha desempeñado, o desempeña, desde el primer momento un importante papel cognoscitivo. Sin embargo, la influencia de la matemática no queda circunscrita a la ampliación de la esfera en que se aplican sus métodos y su instrumental. Bajo el influjo de la matemática sufre importantes cambios el instrumental teórico y lógico de las ciencias empíricas. La utilización de las matemáticas presenta determinadas exigencias a las hipótesis

(15) Ver *M. Arbib*, "El cerebro, la máquina y las matemáticas", Moscú, 1968.

productivas y a los métodos de su comprobación; adquiere más valor la preparación no ya teórica y lógica de los investigadores, sino, además, la matemática. El carácter de la influencia que las matemáticas ejercen sobre la ciencia se convierte, actualmente, en objeto de un estudio cada vez más atento.

¿Con qué fin se utilizan en la investigación científica los métodos matemáticos y su instrumental? ¿Qué papel desempeñan los medios matemáticos de conocimiento en la resolución de tareas cognoscitivas empíricas, teóricas y lógicas? Destaquemos varias direcciones fundamentales en las que resulta de singular importancia la aplicación de las matemáticas.

1. Ante todo nos referiremos a su papel heurístico. La búsqueda de dependencias cuantitativas y su expresión matemática constituyen un fin importante de la investigación científica en las ciencias empíricas. Con frecuencia el investigador dispone de datos fragmentarios, incompletos. Los medios matemáticos permiten sistematizarlos, descubrir y formular dependencias entre ellos. A veces, para buscar y formular dependencias cuantitativas, el investigador recurre a la denominada selección empírica de magnitudes, que satisface determinadas relaciones matemáticas; a menudo se introducen, con este fin, diversas magnitudes ficticias. En todas estas acciones cognoscitivas, los métodos matemáticos y su instrumental se utilizan como medios de sistematización lógica de datos cuantitativos.

2. Son grandes las posibilidades cognoscitivas de las matemáticas como medio especial de idealización y de analogía. Las diversas especies de dependencias objetivas se forman bajo la acción de diferentes factores, incluidos factores casuales, y no hay posibilidad de destacarlos todos, estudiarlos y tomarlos en consideración. Los medios matemáticos permiten expresar tales dependencias en su "aspecto puro", haciendo abstracción de numerosas influencias secundarias. En este ámbito resultan de singular importancia los métodos estadísticos y probabilísticos. La idealización matemática permite presentar en forma de determinados tipos de dependencias cuantitativas, la naturaleza cualitativa de los objetos que se estudian. Por esto, precisamente, se aplica con amplitud en la física, en la mecánica y en otras ciencias. El espacio y el tiempo físicos, por ejemplo, se consideran como un continuo matemático especial; en la mecánica y en la física, para determinados cálculos el cuerpo elástico se presenta como un cuerpo matemáticamente duro, la compleja oval de la órbita de Marte alrededor del Sol se presenta como una elipse perfecta, etc. Los medios matemáticos permiten presuponer y descubrir semejanzas entre objetos cualitativamente diferentes y examinarlos por analogía de unos con otros. En cibernética, por ejemplo, para ciertos fines se establece una analogía entre la máquina y el organismo vivo, entre los sistemas vivos y los no vivos.

3. Los métodos y el instrumental matemáticos constituyen un importante medio lógico para

la formulación de hipótesis sobre posibles dependencias o conexiones cuantitativas, un medio para construir diversos modelos. Tales hipótesis y modelos resultan de singular trascendencia en biología (en el estudio de mecanismos y sistemas que se autorreproducen, del sistema nervioso central, etc.), en investigaciones cibernéticas, en física, en química y en otras ciencias.

4. Las matemáticas se convierten a menudo en fuente de ideas y de principios que facilitan el nacimiento de hipótesis, teorías y direcciones enteras en la ciencia. En el desarrollo de las ciencias naturales clásicas desempeñaron un importante papel cognoscitivo principios y conjeturas como la continuidad, la homogeneidad, la divisibilidad infinita, la uniformidad, etc. Es indudable que unos y otras se formaron bajo la influencia de las matemáticas de aquella época. En la ciencia contemporánea tienen un gran peso las ideas matemáticas de probabilidad, simetría, etc.

5. Bajo la influencia de las matemáticas se elaboran métodos axiomáticos en mecánica, física y otras ciencias. En este caso, las ideas y los principios utilizables para explicar ciertos fenómenos adquieren una forma matemática rigurosa y clara, cómoda para la comprobación y para la utilización práctica[16]. En todas estas direcciones, nos encon-

---

(16) Ver *G. I. Ruzavin*, "El método hipotético-deductivo en la construcción de las teorías físicas", "Voprosi filosofii" ("Cuestiones de filosofía"), 1968. Nº 7.

tramos con aplicaciones de las matemáticas; las conclusiones y el instrumental matemáticos se incluyen, en estos casos en las acciones cognoscitivas del investigador en calidad de medios especiales de conocimiento. Se usan para resolver problemas científicos concretos y su influencia se refleja ante todo en el carácter y en los resultados de la actividad del científico.

¿Qué significa utilizar medios matemáticos para el estudio de unos objetos? ¿A qué deben su condición de arma poderosa de la investigación científica? Cualquiera que sea el fin con que los científicos recurran a los métodos y al instrumental matemáticos, cualesquiera que sean las tareas cognoscitivas que resuelvan, los objetos que tienen una existencia real se han de presentar siempre en una forma sígnica específica. Sin este paso cognoscitivo, los métodos y el instrumental matemáticos no pueden convertirse en medio para el conocimiento de objetos. Mas, no bien se logra —partiendo de tales o cuales fundamentos— representar esos objetos en forma matemática, se abre la posibilidad de razonar acerca de ellos en lenguaje matemático, la de introducir en el sistema de razonamientos que versan sobre ellos diversas idealizaciones matemáticas: el punto, la recta, la curva, la simetría, la función, etc. Las leyes y reglas matemáticas se convierten en un medio lógico especial para formular y resolver diversas tareas en la investigación científica, un medio que determina el carácter del razonamiento acerca de los objetos que se estudian. En ciertas etapas del estudio de los objetos, los enfoques ma-

temáticos pueden sustituir a algunas acciones cognoscitivas empíricas.

La utilización de medios matemáticos de conocimiento en la investigación científica presenta varias dificultades y problemas. El científico no puede eludir su solución. En esto, precisamente, se pone de manifiesto su preparación no sólo matemática, sino, además, filosófica y metodológica.

Durante mucho tiempo, hasta el siglo XIX, los mismos investigadores elaboraban en muchos casos el instrumental matemático formal para resolver los problemas científicos concretos que se les planteaban en mecánica, en física, en geometría y en otras ciencias (Newton, Maxwell y otros). A menudo no establecían diferencias esenciales entre el desarrollo de las matemáticas y el de las ciencias naturales, entre la elaboración de teorías, métodos y un instrumental matemáticos, y la aplicación de los mismos en las ciencias naturales. Científicos de tanta altura como Galileo, Kepler, Boyle y otros consideraban que la naturaleza tiene una "estructura matemática" especial y que gracias a ello las matemáticas son un poderoso medio de conocimiento[17].

Sin embargo, el hecho de identificar el desarrollo de las matemáticas con el de las ciencias empíricas puede dar origen a representaciones equivocadas sobre el papel cognoscitivo de las matemáticas, sobre el carácter de los conocimientos obtenidos recurriendo a ellas. También en

---

(17) *N. Nanson*, "Patterns of Discovery", p. 193.

nuestros días las necesidades de las ciencias empíricas siguen estimulando las investigaciones activas en el campo de la matemática. También ahora hay investigadores que participan en la elaboración de instrumental matemático (como, por ejemplo, W. Heisenberg, M. Born y otros en la elaboración del sistema matricial de cálculo aplicable en la mecánica cuántica). Sin embargo ahora son ante todo los representantes de la denominada matemática "pura" quienes crean un nuevo instrumental matemático. En el seno de las propias matemáticas surgen nuevas direcciones; como en otras ciencias, la profesionalización de las investigaciones es condición necesaria para obtener nuevos resultados. Los investigadores dedicados al estudio de objetos mecánicos, físicos, químicos biológicos o sociales pueden utilizar un instrumer tal matemático ya preparado. Mas por esto, prec samente, han de mantenerse al corriente del desa rrollo de la matemática, han de saber qué se ha hecho en esta ciencia acerca de determinados problemas y han de saber elegir los métodos, aparatos e ideas matemáticos que convenga utilizar para resolver problemas concretos en mecánica, física, química, biología y ciencias sociales.

En las condiciones actuales, están muy lejos de poder cumplir esta tarea tanto los representantes de las ciencias concretas como los mismos matemáticos. En el libro de Nicolás Bourbaki *Ensayos sobre historia de las matemáticas* se indica que "los artículos de matemática pura publicados en todo el mundo en el transcurso de un año

comprenden por término medio muchos miles de páginas. Huelga decir que no todos ellos tienen el mismo valor; sin embargo, dejando aparte los inevitables desechos, resulta que cada año las ciencias matemáticas se enriquecen con una masa de nuevos resultados, adquieren un contenido cada vez más diverso y dan constantemente origen a ramificaciones en forma de teorías que se modifican sin cesar, se reestructuran, se confrontan y se combinan entre sí. Ningún matemático está en condiciones de seguir este desarrollo en todos los detalles, ni siquiera si consagra a ello toda su actividad. Son muchos los matemáticos que se sitúan en algún rincón de su ciencia y no intentan salir de él, de modo que no sólo ignoran casi por completo todo cuanto no atañe al objeto de sus investigaciones, sino que ni siquiera están en condiciones de comprender el lenguaje y la terminología de sus colegas cuya especialidad está lejos de ellas"[18]. Es necesaria, por tanto, la cooperación de matemáticos y físicos, de químicos, biólogos, sociólogos, etc. En la actualidad se están ensayando activamente distintas formas de tal cooperación: se organizan seminarios especiales de matemática aplicada para representantes de ciencias concretas, así como simposios en los que se emplean las matemáticas para resolver problemas de física, de química y de otras ciencias[19].

---

(18) *N. Bourbaki*, "Ensayos sobre historia de las matemáticas", Moscú, 1963, pág. 245.

(19) Ver *I. Segal*, "Problemas matemáticos de la física relativista", Moscú, 1968.

La utilización cada vez más amplia de los medios matemáticos de conocimiento en las investigaciones científicas plantea varios problemas metodológicos: en qué medida puede hablarse de la certeza de las teorías elaboradas recurriendo a las matemáticas; pueden o no buscarse en las matemáticas los fundamentos lógicos de las ciencias empíricas; qué actitud adoptar ante la formalización matemática, cuya complejidad aumenta sin cesar, de dichas ciencias, etc. Estos problemas han provocado y siguen provocando amplias discusiones no ya en torno a los fundamentos de la matemática, sino, además, en torno a la lógica y a la metodología de la ciencia. A menudo, las dificultades que su resolución presenta se convierten en fuente de representaciones unilaterales y erróneas acerca del papel de las matemáticas en la investigación científica. Hay quien piensa que las matemáticas pueden sustituir por completo a los métodos empíricos y lógicos de conocimiento; se pretende identificar las teorías científicas con el instrumental matemático en ellas utilizado, etc. La solución de esos problemas únicamente es posible si existen claras orientaciones materialistas teórico-cognoscitivas. Ante todo, los resultados. cualesquiera que sean, obtenidos por vía matemática han de ser objeto de interpretación empírica. El científico, cualesquiera que sean los medios matemáticos que haya utilizado, ha de tener conciencia de que ha operado con símbolos o signos según reglas matemáticas. No puede considerar los resultados obtenidos por vía matemática como

punto final de sus razonamientos o de sus acciones cognoscitivas. En el aspecto teórico-cognoscitivo, no existen diferencias de principio entre los resultados obtenidos utilizando las denominadas magnitudes ficticias o hipótesis matemáticas, por una parte, y los resultados de los cálculos matemáticos derivados de las magnitudes establecidas, por otra parte.

En la interpretación empírica de los resultados obtenidos por vía matemática es necesario estudiar los fundamentos a partir de los cuales es posible, en general, confrontar los resultados cuantitativos obtenidos por un procedimiento matemático con las magnitudes empíricamente descubiertas, diferenciar el rigor matemático en los cálculos y la exactitud alcanzable en los actos de medición. Todo esto es tanto más importante cuanto que en algunas teorías contemporáneas resulta difícil obtener proposiciones empíricas correspondientes a los axiomas utilizables (en la teoría general de la relatividad, en la física cuántica, etc.). En la mecánica cuántica, elementos tan importantes como los operadores y las funciones carecen actualmente de relación unívoca con la fundamentación empírica. Es imposible realizar un experimento que confirme, digamos, la ecuación de Schroedinger de la misma manera que en la física clásica se confirmaron muchas leyes. En la mecánica cuántica sólo pueden confirmarse, experimentalmente, algunos teoremas derivados de dicha ecuación.

Las grandes dificultades que presenta la interpretación empírica de los resultados obtenidos por

vía matemática, dada la amplia difusión de las escuelas filosóficas idealistas subjetivas, a menudo se convierten en fuente de concepciones teórico-cognoscitivas erróneas. Lenin lo indicó en *Materialismo y empiriocriticismo*[20]. Pagó su tributo a semejante concepción un físico de tanto relieve como el alemán W. Heisenberg. He aquí lo que escribió en uno de sus trabajos: "Si queremos aclarar la naturaleza de... las partículas elementales, no podemos seguir ignorando los procesos físicos de que nos valemos para obtener datos acerca de dichas partículas... De esta suerte, la realidad objetiva de las partículas elementales se ha esfumado de manera extraña, y no en la niebla de una nueva concepción —poco comprendida e no explicada todavía— de la realidad, sino en l transparente claridad de la matemática, que ahor no describe el comportamiento de las partículas elementales, sino tan sólo la representación que nosotros tenemos de tal comportamiento. El especialista en física atómica debería resignarse ante el hecho de que su ciencia constituye tan sólo un eslabón en la cadena infinita de la discusión del hombre con la naturaleza *y no puede, sencillamente, hablar acerca de la naturaleza «propiamente dicha»*"[21].

---

(20) Ver *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", "Obras", t. XVIII, pág. 326 ("Materialismo y empiriocriticismo", edición citada, 343-344).

(21) Ver *C. Waddington*, "Concepciones biológicas fundamentales". "Hacia la biologia teórica", Moscú, 1970, pág. 33.

Esta concepción, si se mantiene consecuentemente, lleva a conclusiones que difícilmente se armonizan con la actividad cognoscitiva real de los investigadores y con el desarrollo de la ciencia contemporánea. Resulta que la diferencia entre las acciones cognoscitivas prácticas y las lógicas no son esenciales; todo el complejo lenguaje de la ciencia sobre el micromundo puede reducirse, en última instancia, a simbolismo matemático, y los conocimientos en física atómica pueden reducirse a la expresión matemática de nuestras representaciones sobre el comportamiento de las partículas elementales. En la historia de la ciencia se ha elaborado un "mecanismo de traducción" de los conocimientos a determinadas acciones prácticas con objetos de existencia real; están relacionados con tal mecanismo la construcción de máquinas, la producción de objetos de consumo, etc. Ahora, todos esos resultados han de examinarse a otra luz; resulta que nuestros conocimientos, expresados en lenguaje matemático, no se confrontan con el comportamiento de las partículas elementales mismas, sino tan sólo con nuestra representación, expresada asimismo en lenguaje matemático, de ese comportamiento. Esta concepción lleva a revisar varios criterios, importantes desde un punto de vista de principio, que en la ciencia se presentan a los hechos establecidos.

Semejantes representaciones se fundan, a final de cuentas, en interpretaciones erróneas de las premisas y de las particularidades que corresponden a la utilización de los medios matemáticos de conocimiento. Superarlas requiere un estudio cui-

dadoso de los métodos que sirven para aplicar las matemáticas en las ciencias empíricas. Precisamente las investigaciones metodológicas desempeñan, al respecto, un importante papel cognoscitivo.

No es menor la complejidad que adquieren las relaciones entre la lógica contemporánea y las ciencias empíricas, relaciones que también dan origen a importantes y difíciles problemas, sujetos a estudio especial.

En cualquier investigación, el científico, como se ha indicado más arriba, ha de resolver tareas lógicas cuyo carácter cambia con el desarrollo de la ciencia, sobre todo en relación con la diferenciación de nuevos objetos, con el aumento del volumen de los conocimientos que el científico ha de tener en cuenta al operar, con la complicación de las tareas cognoscitivas, de los medios y métodos de conocimiento. Los procedimientos de resolución de las tareas lógicas en la investigación científica influyen de manera esencial en el carácter de las acciones cognoscitivas y de los conocimientos que se obtienen. La dependencia en que se halla la verdad objetiva de estos últimos respecto a la manera de entender las tareas lógicas, a los métodos y medios lógicos que se utilicen para resolverlos, es de carácter metodológico.

En el capítulo precedente, hemos presentado la característica general de las tareas cognoscitivas lógicas. Ahora vamos a examinarlas más detenidamente en relación con el papel de los medios lógigos de conocimiento. El investigador se encuentra ante todo con los siguientes tipos de tareas lógicas.

a) qué exigencias lógicas han de satisfacer

los sistemas de razonamientos empleados para llegar a conclusiones objetivamente verdaderas, cómo se controla el carácter de esos razonamientos, sobre todo cuando hay que tener en cuenta gran cantidad de parámetros y los complejos procesos de sus cambios;

b) qué exigencias lógicas han de satisfacer la introducción de nuevos conceptos, términos y signos, así como la precisión de los ya introducidos;

c) cómo concordar unívocamente los razonamientos lógicos con las características empíricamente fijadas en la observación, en la medición y en el experimento;

d) cómo concordar lógicamente unos sistemas de conocimientos con otros (por ejemplo, en la elaboración de nuevas hipótesis, en la fundamentación de teorías científicas para cuya confirmación empírica no existe todavía una suficiente cantidad de hechos, etc.);

e) tareas lógicas que se presentan al construir una explicación científica de la que constituye una parte importante la elaboración del procedimiento lógico para construir la conclusión respecto a las características observables y predecibles; tareas de esta clase han de resolverse al formular una ley, al construir una teoría y una hipótesis;

f) tareas lógicas que se presentan al analizar los sistemas iniciales de los conocimientos científicos, etc.

En el proceso de desarrollo de las ciencias concretas se forman y se consolidan tradiciones en

la manera de comprender y resolver esas tareas lógicas. En la ciencia contemporánea, sin embargo, no bastan, para resolverlas, ni los hábitos intuitivos ni las denominadas facultades "naturales" de los científicos para el razonamiento lógico; al mismo tiempo se descubre la insuficiencia de la lógica tradicional o aristotélica.

Aristóteles realizó un descubrimiento científico de primera magnitud al demostrar que es posible estudiar, con independencia del contenido, la estructura formal del proceso con que se construyen las inferencias y la demostración. Se trataba de la idealización teórica de procesos reales en la construcción de razonamientos. Esta idealización permitía *controlar* dichos procesos y alcanzar una exactitud lógica formal que en cada razonamiento concreto se convierte en condición necesaria de la exactitud significativa o conceptual de los conceptos, términos y signos utilizados.

Desde los tiempos de Aristóteles, las investigaciones lógicas de los razonamientos y de los medios lingüísticos de su expresión han ocupado un destacado lugar en el desarrollo de la ciencia. La lógica tradicional hasta el siglo XIX estudió y explicó fundamentalmente la denominada facultad natural del hombre para construir razonamientos. Mediante diversas reglas y esquemas, elucidó el carácter de esos razonamientos, de la construcción de inferencias y de la demostración. Con ello se sometían a un estudio sistemático las condiciones lógicas y las premisas de la actividad cognoscitiva del hombre.

Con el desarrollo de las ciencias empíricas y

matemáticas (deductivas), la problemática y las tareas de la lógica tradicional cambiaron. En el siglo XIX, dan un gran impulso a las investigaciones lógicas las ciencias matemáticas, en particular las búsquedas de la demostración del postulado de Euclides sobre las paralelas; se presentaron como solución de este problema, los sistemas más diversos de razonamientos. Su estudio se convirtió en una importante tarea de la lógica, interesada en elaborar criterios que permitieran aceptar o rechazar tales demostraciones.

La solución de estas cuestiones influyó de manera decisiva sobre el desarrollo de las matemáticas y de la lógica. Era necesario poner de relieve todas las premisas que sirvieron de punto de partida para la construcción de los *Elementos* de Euclides. Fueron precisamente esas investigaciones las que condujeron a la creación de las geometrías no euclidianas. Un estudio detenido reveló que en varias demostraciones se utilizaban diversas conjeturas, algunas de las cuales resultaron ser, de hecho, equivalentes al postulado mismo. Era necesario, por consiguiente, enumerar con exactitud los principales conceptos indefinibles y las proposiciones indemostrables de la geometría con los que se definen y se demuestran los demás conceptos y proposiciones de esta disciplina. Un matemático alemán, D. Hilbert, llevó a cabo esa ingente labor.

Ese análisis hizo que se comprendieran también los problemas propiamente lógicos. El estudio y la enumeración de los axiomas de la geometría llevaron en particular a que se formulase la pre-

gunta de cómo es posible "comprobar que los axiomas enumerados son realmente suficientes para demostrar todas las proposiciones verdaderas de una ciencia y que, recurriendo a ellos, es imposible, por el contrario, inferir una conclusión falsa..."[22]. Las investigaciones pusieron de manifiesto que para resolver dicho problema no bastaba disponer de un conjunto de premisas aceptables; había que estudiar todos los medios admisibles para construir inferencias a partir de tales premisas. Esta tarea se convirtió en una de las más importantes en la lógica matemática. El ulterior progreso de las matemáticas va en gran parte unido a la consecuente diferenciación de los objetos matemáticos (número, punto, recta, función, conjuntos, relaciones entre los números, entre los puntos, etc.) por una parte, y de los medios y métodos lógicos utilizables, por otra parte.

El estudio sistemático y la elaboración de aparato lógico aplicable en matemáticas y en lógica matemática empieza a influir sobre el desarrollo de los aparatos teórico y lógico en las ciencias empíricas. Los resultados de las investigaciones científicas: conocimientos (y a menudo los procedimientos mismos con que se obtienen esos resultados), se fijan necesariamente mediante un lenguaje natural o un lenguaje artificial. Para leer y comprender la información que se transmite hay que conocer los métodos y medios lógicos de la formación de conceptos, términos y símbolos, así

(22) *S. A. Ianóvskaia*, Prólogo a la traducción rusa del libro: *D. Helbert* y *W. Ackermann*, "Elementos de lógica teórica", Moscú, 1947, pág. 6.

como los procedimientos para concatenarlos en un sistema único. Por otra parte, los investigadores, al encontrarse —al estudiar objetos y al construir conocimientos científicos— con tareas lógicas, necesitan de los correspondientes medios y métodos para resolverlas. Y han de elaborar estos medios ellos mismos o han de tomarlos ya preparados en la lógica para adaptarlos a los fines y tareas de sus investigaciones. En esencia, los científicos chocan en este terreno con las mismas dificultades que han de superar cuando utilizan métodos y medios matemáticos de conocimiento. También en el caso dado se trata de aplicar métodos y medios elaborados en la lógica.

La esfera de aplicación de los resultados obtenidos por la lógica contemporánea se amplía sin cesar. Los lenguajes simbólicos son necesarios para producir computadoras. Semejante utilización de dichos lenguajes sólo ha sido posible gracias a haberse elaborado procedimientos de construcción de derivaciones como secuencia de símbolos dada por reglas especialmente formuladas. Los resultados de las investigaciones lógicas ocupan un lugar cada vez mayor en el estudio de los procesos mecánicos, físicos, químicos, biológicos y sociales. Estos resultados influyen de manera esencial en el carácter y en los métodos de la comprobación de las demostraciones, comprobación que constituye una parte necesaria de toda investigación científica.

La construcción de los razonamientos y de la demostración utilizando métodos y medios lógicos especialmente elaborados, no siempre coincide con los razonamientos y con la demostración en que

tales métodos y medios no se utilizan. El razonamiento lógicamente organizado constituye un importante medio de obtención de conocimientos tanto en la actividad cognoscitiva cotidiana como en la investigación científica. Ahora bien, la ordenación lógica se funda en una gran cantidad de premisas y de condiciones que influyen sobre el carácter del razonamiento y, por consiguiente, sobre sus resultados. En la actividad cognoscitiva empírica espontánea, por regla general, no se analizan especialmente la secuencia misma de los razonamientos, los métodos de la construcción de inferencias, las premisas y condiciones que influyen sobre el carácter de tales inferencias. En la investigación científica, hay que controlar esos procesos.

En todo razonamiento se utilizan estructuras lingüísticas sobre el sentido de cuyas proposiciones, conceptos, términos y signos influyen diversas asociaciones generadas por las palabras que se usen, matices conceptuales ya formados, el sentido intuitivamente aceptado de las palabras, de las construcciones preparadas, etc. El análisis ayuda a descubrir, en este ámbito, muchos argumentos aceptados sin espíritu crítico, entimemas y discontinuidades lógicas. La representación precisa de la estructura de los razonamientos y de las demostraciones permite ver cómo unos y otras incluyen en sí teoremas, lemas y otros elementos que constituyen una cadena de pasos lógicos consecutivos.

En las ciencias empíricas, los razonamientos y la demostración —a diferencia del operar con signos en los sistemas formales— se hallan necesa-

riamente vinculados a la utilización de unos conocimientos para obtener otros. En toda aplicación de métodos y medios lógicos en las ciencias empíricas ha de tenerse en cuenta esta circunstancia. Por esto la diferenciación y el estudio de los procedimientos que sirven para formar el sentido y el significado de los conceptos, términos y signos permiten aclarar los puntos o eslabones del razonamiento en que surgen contradicciones o una discontinuidad lógica no tenida en cuenta por cualquier causa.

Los medios lógicos permiten separar, en este proceso, los argumentos controlables de los que pueden aceptarse intuitivamente o sin espíritu crítico; los falsos, de los verdaderos; lo que es confuso, de las contradicciones. Para descubrir cómo surgen contradicciones en el razonamiento, en la demostración o en la construcción de sistemas de conocimientos científicos, es necesario analizar lógicamente todos los pasos que conducen a la contradicción. Semejante análisis permite aclarar qué métodos y medios lógicos se han utilizado para alcanzar determinados fines, qué pasos resultan inadmisibles desde el punto de vista de las exigencias de la lógica, dónde, precisamente, se utilizan sin espíritu crítico los fundamentos intuitivos para la aceptación de argumentos, de conceptos, de principios, de teorías, de axiomas, etc.

En las ciencias empíricas, el lenguaje aparece como medio de conocimiento y de expresión de conocimientos, como procedimiento para fijar el sentido y el significado de los conceptos, términos y signos utilizables. Por esto las reglas sobre el uso del lenguaje con que el investigador construye

sus razonamientos y demostraciones, obtiene conclusiones, describe características observables y formula hipótesis, leyes y teorías, constituyen el punto lógico de partida de las acciones cognoscitivas empíricas. Estas reglas son objeto de especial estudio y elaboración por parte de la lógica y sirven de premisa para la aplicación efectiva de los medios lingüísticos en la investigación científica. Cuanto más complejos son los objetos que se estudian, cuanto más diversas son las acciones cognoscitivas, tanto más importante resulta el empleo consciente, rigurosamente ordenado, de los medios lingüísticos —y también, por consiguiente, lógicos— de conocimiento.

En las ciencias empíricas, una parte capital del aparato lógico está formada por diversas definiciones. La lógica tradicional, desde los tiempos de Aristóteles, dedicaba mucha atención al estudio de las funciones cognoscitivas de tales definiciones. El desarrollo de la lógica matemática en el transcurso del último siglo muestra la importancia de este problema también para la ciencia contemporánea. En la investigación científica, los objetos se incluyen de uno u otro modo en el proceso de estudio; el investigador ha de precisar conceptos, términos y signos, ha de introducir otros nuevos, ha de sustituir expresiones largas y complejas por otras cortas y exactas, etc. Todas estas funciones cognoscitivas las cumplen las definiciones lógicas[23].

(23) Ver *D. P. Gorski*, "Sobre las especies de definiciones y su significado en la ciencia". "Problemas de la lógica del conocimiento científico", Moscú, 1964.

Examinaremos brevemente la función cognoscitiva de las denominadas definiciones semánticas. Las teorías científicas, las hipótesis y las leyes, como más de una vez hemos indicado, han de recibir necesariamente una interpretación empírica. Esto significa que unos conceptos, términos y signos se coordinan, se confrontan con los correspondientes objetos, características y propiedades. Este fin se alcanza mediante definiciones denominadas semánticas. En ellas siempre se hace referencia a un objeto concreto con sus rasgos u objetos característicos que se designan mediante el término, concepto o signo que se define. Más arriba hemos presentado la definición del término "electrón". Veamos ahora su definición semántica: "El signo «e» en la física cuántica se emplea para denotar la carga eléctrica elemental". En esta definición se indica un objeto concreto, la carga eléctrica, que recibe el nombre de elemental, y se sobreentiende que existe una diferencia entre el signo "e" y el objeto por él designado.

En las ciencias deductivas, las definiciones de los signos hacen referencia a las reglas que sirven para operar con ellos, para sustituirlos, transformarlos, etc. El carácter de las condiciones, su conexión recíproca y sus funciones lógicas en el marco de una teoría concreta dependen de la profundidad con que se haya estudiado la estructura lógica de esas teorías. En este sentido puede hablarse de la dependencia en que se hallan las definiciones respecto al grado de desarrollo de los conocimientos relativos a los sistemas o teorías deductivos. En las ciencias empíricas, la dependencia de las definiciones respecto al estado de

los conocimientos presenta otro carácter. En estas ciencias se ha de tener en cuenta el papel de los medios materiales de conocimiento utilizables en la observación, en la medición y en el experimento. Así, las características cuantitativas del electrón se descubrieron y se estudiaron utilizando medios materiales de conocimiento cada vez más complejos. La construcción y la utilización de las definiciones lógicas están en mucho condicionadas por las orientaciones y por el carácter de las acciones cognoscitivas del investigador: diferenciar y estudiar las propiedades que es necesario incluir en la definición en calidad de particularidades distintivas de los objetos que se estudian.

En las ciencias empíricas, al construir muchas definiciones, incluidas las semánticas, se presupone, de hecho, todo el sistema de conocimientos en cuyo marco se dan tales definiciones. Por ejemplo, en la definición del término "electrón" se incluyen tales conceptos de la física cuántica como "partícula elemental estable", "masa", "carga eléctrica elemental negativa", "masa en reposo", "espín", "momento magnético", etc.

La dependencia de las definiciones respecto del estado de los conocimientos acerca de los objetos que se estudian resulta singularmente perceptible al resolver tareas cognoscitivas teóricas. En la delimitación, en el estudio y, por consiguiente, en la definición de los objetos y características sensorialmente observables hay que utilizar operaciones cognoscitivas tan complejas como el reconocimiento, la identificación de diferentes objetos en función de ciertos rasgos, la clasifica-

ción, etc. En la construcción de definiciones y en la interpretación empírica de muchos conceptos teóricos hay que utilizar también otras operaciones cognoscitivas no menos complejas: la generalización, la idealización, la esquematización, el aislamiento, etc.

Las definiciones de los conceptos teóricos de partida determinan en mucho el carácter de los razonamientos teóricos, de los objetivos, de los medios y métodos de conocimiento utilizados. La falta de atención de quienes investigan por la construcción de definiciones da origen a dificultades y a consecuencias negativas. I. V. Davídovski, en el libro *Patología general del hombre* presenta varias definiciones de enfermedad a las que a veces recurren los investigadores: "La enfermedad es una alteración de la vida normal", "es una discordancia de los procesos metabólicos", "es un tipo especial de sufrimiento", etc. Como indica con razón Davídovski, semejantes definiciones no pueden utilizarse unívocamente ni en el estudio ni en la explicación de los complejos procesos que se designan con el concepto de "enfermedad"[24]. La definición negativa no separa los rasgos esenciales y específicos y, por tanto, no orienta hacia el estudio de los procesos que constituyen la enfermedad. Ese mismo defecto tienen todas las metáforas con que se sustituyen las definiciones científicas, así como diversos enunciados axiológicos o estimativos considerados como definiciones.

---

(24) Ver *I. V. Davidovski,* "Patología general del hombre", Moscú, 1969, pág. 17.

Sobre el carácter de las definiciones de los conceptos teóricos de partida influyen el volumen y la exactitud de los conocimientos relativos al objeto que se estudia, la posibilidad o imposibilidad de utilizar métodos empíricos de conocimiento. Se presentan dificultades singularmente grandes al definir conceptos teóricos de tanta extensión como el de especie en biología[25], el de energía en física[26], etc. El análisis lógico de los conceptos teóricos de partida se convierte a menudo en condición necesaria del ulterior desarrollo de las investigaciones científicas. Así, en la teoría especial de la relatividad de Einstein, el análisis profundo de los conceptos de espacio y tiempo facilitó la aparición de nuevas investigaciones teóricas y empíricas en las ciencias naturales.

3. Los datos sensoriales y los hechos en la investigación científica

El científico puede incluir objetos en sus investigaciones valiéndose de métodos empíricos y de métodos lógicos de conocimiento. La diferenciación de tales métodos es muy importante para el control de las acciones cognoscitivas y de los resultados que se obtengan. En ninguna investigación científica deben confundirse los argumentos

---

(25) Ver *N. V. Timoféiev-Resovski, N. N. Vorontsov, A. V. Iablokov,* "Breve ensayo sobre la teoría de la evolución", Moscú, 1969, págs. 176-179.

(26) *P. W. Bridgman,* "The Logic of Modern Physics", N. Y., 1961, pp. 108-117.

lógicamente posibles con las inferencias empíricamente comprobables. Cuando un científico razona acerca de un objeto de acuerdo con un determinado esquema (basándose en métodos lógicos de conocimiento) ha de analizar las ideas, los principios, las teorías y las hipótesis en que se apoya para construir su razonamiento, ha de tener en cuenta la influencia de los medios lógicos y lingüísticos de conocimiento, ha de concordar las proposiciones que introduzca acerca de los objetos estudiados con los sistemas iniciales de conocimientos.

Los métodos empíricos de conocimiento incluyen el objeto, en la investigación científica, en forma de datos sensoriales concretos o de hechos. El investigador diferencia características que existen realmente, las mide y las describe, realiza experimentos si es posible. Claro, también para ello parte de determinados sistemas de conocimientos. Pero los utiliza para reconocer, diferenciar y fijar las características observables.

Al recurrir a los métodos empíricos de conocimiento, el científico se encuentra con el problema del papel que desempeñan los órganos de los sentidos y, por ende, las sensaciones en la obtención de conocimientos acerca de objetos que existen realmente. ¿Cómo diferenciar los datos sensoriales y los hechos: qué factores influyen en las indicaciones de los órganos de los sentidos y en qué condiciones son éstas las más objetivas? Porque los órganos de los sentidos pueden también proporcionar una información no adecuada al objeto. Conocidas son diversas ilusiones ópticas

UNIVERSIDAD DE VALENCIA
BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS
ECONOMICAS Y COMERCIALES

relacionadas con la percepción de las figuras geométricas, con la refracción de la luz al pasar por el agua, por un cristal o por el aire cálido[27] y con la propagación de los sonidos. Recibimos indicaciones no objetivas, por ejemplo, de los órganos del tacto cuando durante cierto tiempo sumergimos una mano en agua fría y la otra en agua caliente y luego hundimos las dos en agua tibia. Sobre la actividad de los órganos de los sentidos no sólo influyen las condiciones circundantes, sino, además, la experiencia precedente, el estado de ánimo, la expectación, las orientaciones psicológicas, etc.

Estas particularidades de los órganos de los sentidos pueden repercutir en los resultados de las observaciones, de las mediciones y de los experimentos. En el libro de George *El científico en acción*[28] se refiere un ejemplo interesante. La labor de una de las sesiones del Congreso de psicólogos celebrado en Göttingen quedó interrumpida: inesperadamente, irrumpió en la sala un hombre vestido de clown, perseguido por un negro armado con un revólver; después de una pelea que duró 20 segundos, resonó un disparo y los dos hombres salieron corriendo de la sala. Acto seguido, el presidente del Congreso pidió a los científicos allí presentes que describieran todo lo que habían observado. Los psicólogos que se encontraban en la sala nada sabían previamente del suceso.

---

(27) Ver *I. D. Artamónov*, "Ilusiones de la visión", Moscú, 1969.

(28) *W. H. George*, "The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods", pp. 78-79.

aunque éste había sido pensado, ensayado y fotografiado de antemano. El estudio de los relatos presentados acerca del acontecimiento observado demostró que entre 40 descripciones, sólo una contenía menos del 20 % de errores; 14 contenían de un 20 a un 40 % de errores; 12, de un 40 a un 50 %, y 13 más del 50 %. En 24 informes, aproximadamente el 10 % de los detalles eran pura invención; también en otros informes había detalles inventados. Ha de tenerse en cuenta que las condiciones de observación eran relativamente favorables: el acontecimiento se produjo en el centro de la sala, fue breve e impresionante. Redactaron los informes personas que tenían hábitos de observación y descripción de resultados. Además, ninguna de ellas se vio directamente afectada por el suceso.

Las dificultades de ese tipo se conocen en la ciencia hace ya mucho tiempo. Todas las teorías sensualistas del conocimiento dedicaron especial atención al estudio de los métodos empíricos de conocimiento y, a la vez, al estudio del papel cognoscitivo correspondiente a los órganos de los sentidos. No nos es posible examinar las teorías aludidas. Indicaremos tan sólo que históricamente se formaron dos maneras de enfocar este problema, distintas por sus principios: el sensualismo materialista y el empirismo idealista.

Los filósofos materialistas, empezando por F. Bacon, explican el gran papel cognoscitivo de las sensaciones. Desde su punto de vista, es imposible entrar en conocimiento del mundo circundante al margen de las indicaciones de los órganos de los sentidos y, por consiguiente, de los datos senso-

riales acerca de los objetos reales; la obtención de datos sensoriales constituye la tarea fundamental de todos los métodos empíricos de conocimiento. Los filósofos materialistas procuraban estudiar las condiciones concretas en que los órganos de los sentidos proporcionan indicaciones exactas sobre el mundo circundante. Sostenían que las indicaciones no objetivas de los órganos de los sentidos surgen por la acción de diversas añadiduras y orientaciones subjetivas: religiosas, éticas y morales, psicológicas, lingüísticas, etc. Bacon las denominó, en su tiemtpo, "ídolos". Los científicos han de tener conciencia del peligro de semejantes "ídolos"; no deben ser cautivos de las representaciones e imágenes difundidas. Los filósofos materialistas procuraban demostrar que librándose conscientemente de semejantes "ídolos", es posible obtener datos sensoriales fidedignos o "puros" sobre las cosas cognoscibles; en la estructura misma de los órganos de los sentidos no se dan las causas de las indicaciones no objetivas. A su juicio, la estructura de los órganos de los sentidos reproduce con exactitud la de las cosas cognoscibles; por consiguiente, también la estructura mental de estas últimas ha de ser una repetición y una expresión de la estructura de las percepciones sensoriales.

Los representantes del empirismo idealista (Berkeley y sus discípulos) también reconocen el papel decisivo de los órganos de los sentidos en la actividad cognoscitiva de las personas. Sin embargo, parten de otras orientaciones teóricas cognoscitivas. Desde su punto de vista, no es posible

decir nada acerca de las cosas cognoscibles más allá de los límites representados por las indicaciones de los órganos de los sentidos; las cosas no existen independientemente de la actividad cognoscitiva del hombre y, por tanto, de su conciencia. Berkeley y sus discípulos intentan demostrar que todas las cosas no son otra cosa que complejos de sensaciones; las sensaciones son las células iniciales con que se forman, en la conciencia de las personas, las imágenes de todos los objetos. Por esto el investigador no debe salir de los límites de los datos sensoriales inmediatos.

La interpretación indicada, teórico-cognoscitiva, de las sensaciones no ha desaparecido en la ciencia contemporánea. Se manifiesta en la idea de que se borran las diferencias entre lo observable y el observador en la física cuántica, y también en las diversas concepciones de la actividad cognoscitiva como especial "huella humana" que dejamos en la naturaleza[29]. Estas concepciones, en última instancia, enlazan la obtención de hechos únicamente con las indicaciones de los órganos de los sentidos.

La teoría marxista del conocimiento, en la interpretación de las sensaciones sigue y desarrolla las ideas principales del sensualismo materialista. Al mismo tiempo hace objeto de análisis crítico las representaciones limitadas o erróneas de los sensualistas materialistas de los siglos XVII-XIX. Todas las particularidades específicas de los órga-

(29) Ver *K. Waddington*, "Concepciones biológicas fundamentales". "Hacia la biología teórica", pág. 23.

nos de los sentidos, y ante todo su facultad de proporcionar datos objetivos sobre el mundo exterior, se formaron históricamente en el proceso de la actividad práctica de las personas. Por esto es erróneo buscar unas indicaciones "puras", independientes de la práctica social, de los órganos de los sentidos. Todos los cambios en su actividad alcanzables, por ejemplo, mediante un entrenamiento, son posibles en los límites del funcionamiento, históricamente constituido, de los órganos de los sentidos.

De ahí se desprenden importantes conclusiones también para la metodología de la ciencia. Ante todo el investigador necesita saber de qué manera los órganos de los sentidos se insertan en las situaciones conscientemente creadas con fines cognoscitivos. Los objetos del conocimiento, ni en el proceso empírico espontáneo del conocer ni en el científico, están dados exclusivamente por las sensaciones; siempre hay que buscarlos y descubrirlos. Para ello, en la ciencia no sólo se utilizan los órganos de los sentidos, sino, además, medios materiales de conocimiento. Por esto el científico se interesa, en primer lugar, por saber qué indicaciones de los órganos de los sentidos puede recibir en una situación cognoscitiva dada. Por ejemplo, si ha de observar la caída de los cuerpos ligeros y de los pesados a la superficie de la tierra, tendrá que registrar que su velocidad de caída es diferente. En cambio, si esos cuerpos se sitúan en un tubo transparente, del que se ha extraído el aire, caerán con una misma velocidad. En los dos casos, unos mismos órganos de los sentidos pro-

porcionan indicaciones diferentes sobre el comportamiento de objetos iguales. Antes de Galileo, en particular, se consideraba indiscutible que los cuerpos pesados caen con mayor rapidez qué los ligeros. Las indicaciones de los órganos de los sentidos se consideraban, en este caso, como testimonio definitivo e irrefutable. La utilización de medios materiales de conocimiento (tubos, bomba neumática, etc.) permitió obtener datos sensoriales completamente distintos.

Esta es la razón de que el estudio del papel que desempeñan los medios materiales de conocimiento tenga una importancia de principio para la crítica de los principios básicos del empirismo idealista. Los investigadores no estudian la actividad de los órganos de los sentidos, no estudian las sensaciones, sino los objetos valiéndose de estas últimas. La actividad de los órganos de los sentidos sólo es objeto de conocimiento para la psicología, para la fisiología de la actividad nerviosa superior, para la biología evolucionista y para otras ciencias especialmente dedicadas al estudio del hombre.

En la investigación científica es necesario saber cuáles son las condiciones concretas en que las funciones de los órganos de los sentidos se convierten en premisa de las acciones cognoscitivas. El investigador ha de tener en cuenta la posibilidad o la imposibilidad de observar los objetos que se estudian mediante los órganos de los sentidos y medios materiales de conocimiento, los "límites de sensibilidad" de los órganos naturales del hombre y de los aparatos, las orientaciones conscientemente tomadas y los métodos de conocimiento que se utilizan.

Los medios materiales de conocimiento (sismógrafos, microscopios, telescopios, placas fotográficas de alta sensibilidad, etc.) permiten llegar mucho más allá de los límites que ofrecen las posibilidades de los órganos de los sentidos. Por otra parte, no copian las facultades selectivas de dichos órganos; los aparatos se destinan a la diferenciación y al estudio de las características de los objetos en determinadas condiciones, conscientemente creadas, que pueden reproducirse o modificarse muchas veces. Los cambios en las indicaciones de los órganos de los sentidos están determinados por cambios exactos en los medios y en los objetos de conocimiento.

Conocer las posibilidades cognoscitivas de los órganos de los sentidos es, sin duda alguna, uno de los puntos de partida en la elaboración de la metodología de la ciencia. Pero al mismo tiempo han de tenerse en cuenta las premisas y las condiciones de su actividad, las cuales por una parte se forman históricamente y por otra se planean y se cambian de manera consciente. En cada época del desarrollo de la ciencia, los investigadores disponen sólo de los medios materiales de conocimiento que han logrado construir y asimilar. Cabe razonar acerca de los medios posibles de conocimiento, pero es imposible partir de ellos para estudiar y explicar objetos ya diferenciados. En este sentido, los investigadores disponen de posibilidades siempre completamente determinadas. Partiendo de esta base, planean conscientemente la utilización de los medios de conocimiento que existen, descubren en ellos posibilidades cognosci-

tivas que antes no se conocían, buscan caminos para construir nuevos aparatos, dispositivos, etc.

Ahora podemos concretar como sigue la pregunta de cuál es el papel cognoscitivo de las sensaciones: ¿cómo diferenciar, en la investigación científica, los datos sensoriales y los hechos? El científico, en este problema, no puede guiarse tan sólo por la intuición: se necesitan criterios completamente determinados. Por regla general, tales criterios no existen en el proceso empírico espontáneo del conocimiento. Por esto, precisamente, durante largo tiempo se consideró un hecho irrefutable que el Sol gira alrededor de la Tierra como la Luna.

La diferenciación, la selección y la comprobación de hechos en la ciencia están necesariamente enlazadas con acciones cognoscitivas empíricas, es decir, con los métodos de observación, de medición y de experimentación; por consiguiente, lo están con las indicaciones de los órganos de los sentidos, directas o indirectas (como, por ejemplo, en el estudio del micromundo). Es un error hablar, en la ciencia, de hechos aisláudose de los métodos de su diferenciación y de los medios materiales de conocimiento utilizados. Volvamos al experimento de Galileo. El sabio estableció un hecho que desempeñó un papel de suma importancia en el subsiguiente desarrollo de la ciencia: "Todos los cuerpos son atraídos hacia la superficie de la tierra con una misma fuerza". Era imposible establecer este hecho independientemente de los medios materiales de conocimiento y del experimento en cuya base se encontraba la hipótesis

relativa a la acción, sujeta a ley, de las fuerzas de la atracción terrestre. Más imposible era aún hallar la expresión cuantitativa de la acción de dichas fuerzas apoyándose sólo en la observación directa. Galileo encontró esta expresión cuantitativa recurriendo a una medición cuidadosamente pensada.

En la ciencia, la diferenciación, la descripción, la comprobación y la explicación de los hechos están vinculadas a determinados sistemas de conocimientos científicos. El hecho descubierto por Galileo se describe y explica en la mecánica clásica. A menudo es imposible decir, independientemente de los sistemas científicos de conocimientos, a qué esfera pertenece un fenómeno observado, en qué conceptos puede describirse o explicarse, etc. Por ejemplo, si se ha comprobado que el investigador diferencia o comprueba hechos en física nuclear siendo las energías inferiores a 50 MeV, es posible utilizar las teorías de la denominada física nuclear clásica. En cambio, si opera con energías sensiblemente mayores, ha de partir de otras teorías. Los sistemas científicos utilizados prescriben también medios lógico-lingüísticos y a menudo matemáticos, con que los hechos diferenciados se introducen en la ciencia.

Por esto la comprensión de los hechos, en la investigación científica, presupone necesariamente la utilización de métodos, medios de conocimiento y sistemas de saber elaborados. En la ciencia no existen hechos con independencia de la actividad cognoscitiva de los investigadores.

Indicaremos varios criterios según los cuales

en la ciencia se diferencian, se admiten y se comprueban los hechos(*).

a) Los hechos pueden reproducirse en unas condiciones dadas. Esto atañe al citado descubrimiento de Galileo. La misma posibilidad existe para otros hechos: "la luz se propaga a una velocidad constante"; "El átomo de hidrógeno tiene una masa de $1{,}6724.10^{-24}$ g.", etc.

b) Los hechos han de poderse comprobar por diversos procedimientos. Esto atañe en particular a las características cuantitativas o, como a veces dicen los científicos, a los hechos cuantitativos. En la física cuántica, por ejemplo, la elaboración de tales procedimientos es objeto de atención singular. Con ellos está enlazado el cuidadoso estudio de muchas magnitudes que caracterizan a las partículas elementales y a los procesos atómico-nucleares. Así, para diferenciar y comprobar las energías de excitación de los niveles nucleares se utilizan, por lo menos, cinco procedimientos distintos(31). La elaboración de estos procedimientos constituye la premisa para comprobar y aceptar los hechos en dicha ciencia.

c) Los hechos han de poderse utilizar uní-

(*) Nos abstraemos de las particularidades de la diferenciación y comprobación de hechos pertenecientes a la historia social. Este problema exige un análisis independiente (30).

(30) Ver "Problemas filosóficos de la ciencia histórica", Moscú, 1969.

(31) Ver "Medición de las características de las reacciones nucleares y de los haces de partículas", Moscú, 1965, págs. 22-31.

voca y prácticamente con el fin de seguir estudiando los objetos así como de crear nuevos medios materiales de conocimiento y nuevos instrumentos de trabajo. Por ejemplo, la velocidad constante de la luz se presupone en todos los cálculos relacionados con el movimiento y con las dimensiones de los cuerpos celestes; la magnitud de la carga del electrón, en todos los experimentos y cálculos que se realizan en la física cuántica, etc. De esos hechos se parte al construir medios materiales de conocimiento en los cuales se utilizan las propiedades de la luz y del electrón.

d) El hecho, en la ciencia, constituye un tipo especial de idealización. Primero se establece en una zona relativamente limitada, accesible al estudio empírico. Luego se supone que todos los objetos, propiedades, características o fenómenos análogos pueden considerarse como hechos en las condiciones dadas. Por ejemplo, se supone que todos los cuerpos (digamos, piedras) serán atraídos hacia la tierra como el cuerpo (la piedra) que es objeto de observación y que las cargas de todos los electrones son iguales independientemente de los experimentos concretos en que esos se utilicen.

El hecho establecido permite pasar uniformemente del fenómeno dado a cualquier otro fenómeno análogo en las mismas condiciones. Esta particularidad se utiliza al establecer la semejanza y la sustituibilidad recíproca de los fenómenos, propiedades y características que se estudien, al llevar a cabo experimentos, al seleccionar ejemplares para mediciones y observaciones así como en otras acciones cognoscitivas.

Para diferenciar, seleccionar y comprobar hechos, pueden utilizarse diversas ideas e hipótesis. Desde el punto de vista materialista es necesario diferenciar consecuentemente los hechos concernientes al mundo de los objetos y los que atañen al desarrollo de las ideas y de las hipótesis. Los hechos del segundo género poseen propiedades completamente distintas. En su ámbito se estudian el tiempo y el procedimiento de introducción de ideas e hipótesis en la ciencia, el análisis de las premisas que determinan la utilidad de la idea presentada, la verificación del nombre del investigador que la ha presentado, etc.

También va unida a la elaboración de los criterios para diferenciar los hechos en la ciencia, la superación gradual del antropomorfismo, que había dejado su huella en la interpretación de los datos sensoriales. Como indicaba Planck, "toda la física, sus definiciones y su estructura, tenía inicialmente, en cierto sentido, un carácter antropomorfo"[32]. Ese antropomorfismo no sólo surgía bajo la acción de necesidades prácticas inmediatas. Toda nuestra experiencia, dice Planck, se hallaba entonces unida a la actividad de los órganos de los sentidos, motivo por el cual el elemento fisiológico resulta predominante en todas las definiciones físicas. "Ahora las definiciones físicas de tono, luz y temperatura no se inspiran en las percepciones inmediatas de los correspondientes órganos de los sentidos. El tono y la luz se definen

(32) *M. Planck,* "Nuevas vías del conocimiento físico". "Unidad de la imagen física del mundo", Moscú, 1936, pág. 25.

por el número de vibraciones o por la longitud de onda. La temperatura se define teóricamente mediante la escala absoluta de temperatura obtenida en virtud del segundo principio de la termodinámica"[33]. Los mismos cambios se producen en la comprensión y definición de la "fuerza" y de otros conceptos de la ciencia. Estos cambios se realizan ante todo gracias a la elaboración y a la utilización de medios materiales y métodos científicos de conocimiento. Liberarse de los elementos antropomorfos en la manera de comprender los hechos, conduce inevitablemente al cambio de criterios y de pautas en los conocimientos científicos, particularmente en los teóricos, a la consecuente diferenciación de los hechos y de las ideas en la investigación científica.

4. Los hechos y las hipótesis

Veamos ahora el problema de la presentación, de la comprobación empírica y de la fundamentación lógica de las hipótesis. En ello se reflejan ante todo la preparación, la claridad de objetivos, la tenacidad, el espíritu creador y el talento de los investigadores.

Una de las direcciones en que la ciencia se desarrolla estriba en puntualizar, comprobar empíricamente, fundamentar lógicamente y cambiar principios, leyes y teorías ya formulados y aceptados. Si, por ejemplo, comparamos las formulaciones primeras del principio de la conservación

(33) Ibídem.

de la materia y del movimiento en los trabajos de Mayer, Helmholtz y otros científicos con las actuales veremos diferencias esenciales. Actualmente se conserva tan sólo la idea fundamental de dicho principio; además, se han formulado varios principios de conservación, que se refieren al impulso, al momento de la cantidad de movimiento, a la carga eléctrica, etc.

Cambios y puntualizaciones se introducen en muchos conceptos teóricos iniciales de las ciencias. Son objeto de semejantes puntualización y cambio, por ejemplo, los conceptos de "especie", "factores de la evolución", "herencia", etc. en biología; "energía", "interacción", "simultaneidad", etc. en física. Ese trabajo de investigación, como indicaba Planck, es necesario para el desarrollo de la ciencia. "...La claridad y la adecuación de las definiciones y el procedimiento de distribución del material a menudo contienen en sí, sin que ello salte a la vista, los resultados últimos y más maduros de la investigación"(34).

Otra dirección del progreso en la ciencia consiste en presentar hipótesis que explican hechos conocidos o nuevos, facilitan la búsqueda de nuevos fenómenos y leyes, llevan a nuevos descubrimientos, a la reestructuración de los aparatos conceptual y lógico de la ciencia. Según palabras de Engels, la hipótesis es la forma de desarrollo de las ciencias naturales en tanto que éstas piensan.

En la investigación científica, la resolución de un problema va siempre acompañada de una gran

(34) Ibídem, págs. 24-25.

cantidad de suposiciones y conjeturas. En muchas ciencias, y ante todo "en la física y la química uno se encuentra en medio de las hipótesis, como en medio de un enjambre de abejas", escribió Engels[35]. Las hipótesis científicas han de ser elaboradas, fundamentadas e impugnadas; con el transcurso del tiempo, muchas de ellas desaparecen y quedan sólo las más fructíferas. Y, según parece, no existen otros caminos hacia los descubrimientos científicos. Por otra parte, las hipótesis erróneas no resultan, ni mucho menos, inútiles para el desarrollo de la ciencia. Incitan a idear conjeturas más productivas, a buscar soluciones más efectivas a los problemas científicos (incluso en otras ciencias), a llevar a cabo nuevos experimentos, mediciones y observaciones. Pueden conducir al análisis práctico de principios, leyes y teorías ya aceptados. En todo caso, a menudo resultan más productivas que las observaciones desordenadas y los experimentos aislados.

La hipótesis como forma de explicación científica y de desarrollo del saber es objeto de minucioso estudio[36]. Los investigadores mismos inten-

---

(35) *F. Engels,* "Anti-Dühring". *C. Marx* y *F. Engels,* "Obras", t. XX, pág. 89. (*F. Engels,* "Anti-Dühring", edición citada, pág. 108).

(36) Ver *P. V. Kopnin,* "La hipótesis y el conocimiento de la realidad", Kiev, 1962; *L. B. Bazhénov,* "Cuestiones fundamentales de la teoría de la hipótesis", Moscú, 1961; "La hipótesis científica contemporánea". "La dialéctica materialista y los métodos de las ciencias naturales", Moscú, 1968; *W. N. Stephens,* "Hypotheses and Evidencia", N. Y., Crowell, 1968.

tan comprender el proceso de su presentación y de su elaboración. Los pensamientos, las observaciones y los hechos contenidos en los trabajos de los investigadores proporcionan bastante material no ya para la historia de la ciencia y para el estudio de la psicología de creatividad científica, sino, además, para el desarrollo de la metodología de la ciencia. En dichos trabajos, sin embargo, por regla general falta el análisis sistemático de la hipótesis. Dedica una investigación especial a esta forma del desarrollo del conocimiento científico, la metodelogía de la ciencia, que elucida aproximadamente la siguiente serie de cuestiones:

a) qué exigencias se han de presentar a la hipótesis científica; de qué depende la productividad de la hipótesis;

b) cuáles son las particularidades lógicas de su exposición y de su elaboración;

c) qué exigencias han de satisfacer la comprobación empírica, la fundamentación lógica y la elección de hipótesis alternativas;

d) la ideación de hipótesis como tipo especial de creatividad científica;

e) en qué consisten las diferencias esenciales entre la hipótesis científica y la especulativa, etc.

En el presente estudio es imposible examinar todas estas cuestiones. Nos circunscribiremos a algunas exigencias lógico-metodológicas que se presentan a la formulación y a la elaboración de la hipótesis en la ciencia contemporánea. Son ellas, precisamente, las que determinan las accio-

nes cognoscitivas del científico, el carácter de la creación científica y muchas otras cuestiones.

Las hipótesis en la ciencia se elaboran ante todo para resolver problemas cognoscitivos teóricos. ¿Cuándo se recurre a ellas? Por lo común, cuando aparecen nuevos hechos que no se llega a elucidar mediante las leyes y teorías ya conocidas. Cuando en la ciencia se descubren nuevos hechos, lo primero que se intenta es concordarlos con los sistemas existentes de conocimientos científicos. Con mucha frecuencia este camino resulta fructífero; de este modo no sólo se comprueban y se puntualizan los hechos nuevos, sino, además, los sistemas de conocimientos a que se recurre. A menudo esto hace que tales sistemas se modifiquen, que se precisen la esfera de su aplicación y las condiciones de su vigencia. Así se precisaron las leyes de los gases, las leyes de la termodinámica y muchos principios y sistemas teóricos en la ciencia.

Pero muy a menudo la situación que se crea es otra: después de un cuidadoso estudio se descubre que los nuevos hechos pertenecen a otra esfera objetual y tienen otra naturaleza cualitativa. En estos casos, ninguna modificación de los sistemas existentes de conocimientos conduce al éxito: hay que buscar nuevas explicaciones. Y la hipótesis es el principal medio de esa búsqueda. Por ejemplo, para concordar las leyes de la mecánica descubiertas en los siglos XVII-XVIII, para explicar uniformemente el comportamiento de los cuerpos celestes y terrestres se idea la hipótesis de que existen unas fuerzas especiales, de gravitación.

Situaciones análogas se dieron en la física a raíz del descubrimiento de la radiactividad o de la naturaleza cuántica de la radiación, así como en otras ciencias.

La función de la hipótesis en el desarrollo de los sistemas científicos de conocimientos y de la actividad cognoscitiva de los investigadores se fue comprendiendo poco a poco. Newton dijo en su tiempo: "hypotheses non fingo", "no compongo hipótesis", aunque él mismo expuso y elaboró la idea relativa a la existencia y a la acción de las fuerzas de gravitación. El sentido profundo de la célebre frase de Newton radica en un afán de diferenciar los métodos científicos de razonamiento y resolución de problemas, de los métodos especulativos. Por otra parte, no debe tomarse ese pensamiento de Newton al margen de todo el sistema de representaciones que los científicos de aquella época tenían acerca de la ciencia, de su actividad cognoscitiva, de los métodos y vías de resolución de los problemas científicos, etc. Las posibilidades cognoscitivas de las hipótesis se van comprendiendo a medida que éstas se elaboran y se utilizan. Empieza a desempeñar un importante papel, en este terreno, el análisis de las formas concretas de los sistemas científicos de conocimientos, de las leyes y teorías, de sus particularidades y diferencias esenciales.

Hoy en día, las exigencias, históricamente formadas, que ha de satisfacer la formulación de una hipótesis son de carácter obligatorio. Su cumplimiento garantiza en gran medida que los esfuerzos del investigador no serán vanos; el no prestarles

atención dificulta la evaluación acertada de los resultados de la actividad científica.

Más arriba hemos examinado cuáles son las exigencias que debe satisfacer cualquier sistema de conocimientos que pueda ser objeto de comprobación empírica y, por consiguiente, que pueda utilizarse para explicar y predecir hechos específicos. Esas exigencias se refieren asimismo a las hipótesis científicas. No obstante, a éstas se les presentan, además, otras exigencias más concretas o específicas. Veamos algunas de ellas.

1) La hipótesis se formula siempre respecto a una determinada esfera de objetos. Esto significa que lo que sirve como punto de partida de su exposición son unos hechos en cuya forma la zona objetual dada se incluye en la investigación científica. Los hechos reciben una explicación mediante la hipótesis expuesta; de ellos parte el investigador en busca de nuevos hechos y leyes; ellos constituyen el punto final de la comprobación empírica de todas las suposiciones. Por ejemplo, la hipótesis relativa a la existencia de unas fuerzas especiales, de gravitación, se expuso para concordar entre sí y para explicar uniformemente, hechos como: a) todos los cuerpos, en las condiciones dadas en la Tierra, caen a la superficie de la misma; b) todos los planetas del sistema solar se mueven según órbitas uniformes, etc. La hipótesis de Marie Curie-Sklodowska según la cual la radiactividad constituye una propiedad interior especial del átomo, también se fundaba en hechos: a) la radiación también se da cuando no hay luz; b) la radiactividad no está sujeta a la acción de fuerzas

y fenómenos conocidos como son la presión, la temperatura, las fuerzas eléctricas y magnéticas, las reacciones químicas, etc.; b) las sales de uranio emiten espontáneamente radiaciones invisibles que poseen gran fuerza de penetración (a través de una hoja metálica y de otros materiales); c) algunas uraninitas emiten radiaciones radiactivas de intensidad sensiblemente mayor que el uranio metálico, etc. La hipótesis de Planck se fundaba en hechos bien establecidos: a) las propiedades de la irradiación de calor no dependen de propiedades especiales de ninguna sustancia; b) la irradiación de calor depende sólo de la temperatura y de la longitud de onda, etc.

2) La hipótesis ha de formularse en forma de generalizaciones o proposiciones que permitan razonar lógicamente de otro modo acerca del objeto sin recurrir, después de cada paso de los razonamientos, al material empírico. La introducción de nuevos conceptos teóricos es condición necesaria de la fecundidad de la hipótesis.

Si nos fijamos en las conjeturas científicas arriba citadas, vemos que en su base había nuevos conceptos: fuerzazs de gravitación (en Newton), radiactividad como propiedad interna del átomo (en Curie-Sklodowska), cuanto de acción, carácter discreto de los cambios de energía, de radiación y de absorción (en Planck).

No basta, sin embargo, introducir conceptos nuevos por principio; la hipótesis es un instrumento o un medio para construir inferencias lógicas respecto a la zona de objetos estudiada. Por consiguiente, los nuevos conceptos e ideas han de

formularse de modo que, partiendo de ellos, puedan construirse nuevas inferencias. Esto significa que los nuevos conceptos se introducen mediante definiciones lógicas que permiten hacer inferencias unívocas y comprobarlas por medio de observaciones, mediciones y experimentos. Si las hipótesis se formulan en lenguaje matemático, las inferencias se construyen en forma matemática. En esto se manifiesta la función cognoscitiva de las matemáticas como medio para construir inferencias lógicas.

Una hipótesis sólo puede aplicarse con éxito si el investigador opera con ella como con teorías ya admitidas, o sea, si parte de ella como de un sistema de conocimientos establecido. En otro caso, el investigador no puede razonar con todo rigor lógico, hacer inferencias, conclusiones y comprobarlas empíricamente. Por ningún otro camino logrará descubrir dónde y en qué las conclusiones de la hipótesis no concuerdan con los hechos ya establecidos y dificultan la búsqueda de hechos nuevos. El investigador, en este terreno, se ve obligado a partir de una concepción determinista en la interpretación del objeto, en la organización de la investigación científica, en la construcción de inferencias lógicas y en su comprobación empírica. Sus razonamientos obedecen al siguiente esquema: "si admitimos la acción de tales y cuales fuerzas (fenómenos, causas, leyes, principios, etc.) en la zona de objetos dada, siendo uniformes las condiciones fijadas hay que esperar tales y cuales resultados". En este sentido, la concepción determinista se supone no sólo en la aplicación de los

métodos empíricos de conocimiento, sino, además, en los razonamientos lógicos y en la utilización del instrumental y de los métodos matemáticos.

A la concepción determinista va unida, además, otra condición importante de la utilización de la hipótesis con éxito: si se supone que en el caso dado actúan algunos principios o leyes, se admite de hecho la prohibición de que actúen otros principios y leyes en las mismas condiciones.

3) La hipótesis se elabora de modo que oriente hacia la utilización de métodos empíricos de conocimiento o que los suponga, por lo menos, en principio. El investigador no puede partir de cualquier situación imaginable. Selecciona cuidadosamente las características concretas, los nexos, las dependencias, las interconexiones y las condiciones que pueden explicarse mediante las fuerzas o leyes supuestas, diferencia en el objeto aspectos con los que es posible concordar los razonamientos lógicos (esos aspectos, en lógica, han recibido el nombre de predicados empíricamente observables) e introduce conceptos, términos y signos que admiten interpretación empírica. Esto significa que la hipótesis científica determina el carácter de las acciones cognoscitivas empíricas necesarias y posibles de los investigadores.

Volvamos a la hipótesis de Newton. En ella, el comportamiento de los cuerpos celestes y la caída de los cuerpos a la superficie de la Tierra se consideran como consecuencias normales de la acción de las fuerzas gravitacionales; estas fuerzas existen en la naturaleza en todas partes, dado que todos los cuerpos poseen masa. Esta hipótesis

determinaba el carácter de las cuestiones teóricas respecto a los objetos reales y a su conducta en ciertas condiciones: ¿de qué manera la atracción depende de la masa de los cuerpos y de la distancia entre ellos? ¿En qué se distingue la aceleración de los diversos cuerpos en un mismo campo de gravitación? ¿Es posible expresar cuantitativamente la fuerza de gravitación?, etc. Las respuestas a semejantes preguntas permitieron establecer que la fuerza de atracción entre dos cuerpos cualesquiera depende de las masas de ambos cuerpos y es proporcional a su producto. A diferencia de otras fuerzas de la naturaleza, la acción de la gravitación cambia en dependencia de la distancia; las fuerzas gravitacionales están subordinadas a la ley de la proporcionalidad inversa al cuadrado de la distancia. Las investigaciones condujeron a Newton a formular la ley de gravitación: dos planetas se atraen recíprocamente con una fuerza directamente proporcional a sus masas e inversamente proporcional a sus distancias desde los centros de las masas.

La hipótesis requería un cuidadoso estudio de la masa como fuente de la atracción recíproca de los cuerpos; esta propiedad de la masa no se llegaba a comprender partiendo sólo de la segunda ley de Newton. Resultaba que la masa desempeña un papel esencial en la dependencia entre la fuerza y la aceleración ($F = m.a$) y al mismo tiempo determina la magnitud de las fuerzas de atracción. Por consiguiente, había que estudiar las relaciones entre la atracción y la aceleración. En conclusión se estableció que la aceleración depende sólo de las masas de los cuerpos que crean el campo de

atracción así como de la situación de estos cuerpos en el espacio, pero no de propiedades concretas de los cuerpos que caen.

Las respuestas a todas estas cuestiones no estaban determinadas por la hipótesis. Hubo que buscarlas tanto por medio de razonamientos lógicos como mediante observaciones, mediciones y experimentos. Así, por vía experimental (en un experimento Cavendish observó cómo se desvía una balanza sensible al aproximar una gran esfera de plomo a una de las pesas) se determinó la magnitud constante de la gravitación (G). El conocimiento de esta constante permitió, a su vez, calcular por las órbitas de los planetas la masa del Sol y de la Tierra así como obtener una cantidad enorme de nuevos hechos.

La hipótesis de Marie Curie-Sklodowska no sólo inducía a estudiar la propiedad misma, antes desconocida, del átomo, sino además a elaborar nuevos métodos y medios materiales de investigación. Los procedimientos antes elaborados para estudiar la temperatura, la presión, los campos magnéticos y eléctricos, las reacciones químicas y otros fenómenos conocidos no resultaron efectivos en este ámbito. A dicha hipótesis se halla unido el descubrimiento de varios elementos radiactivos: el radio, el polonio, el actinio y el ionio. La hipótesis indicada ha influido decisivamente en la formación y en el desarrollo de toda la física atómica contemporánea.

La hipótesis de Planck sobre el carácter discreto de los procesos de radiación y de absorción no sólo orientaba hacia la utilización de los métodos empíricos de conocimiento, sino que además

se desarrollaba y se afirmaba ante todo mediante investigaciones empíricas.

Primero, a través de numerosos experimentos, se halló por vía empírica "una nueva fórmula de radiación, fórmula que resistía... de manera completamente satisfactoria la comprobación experimental". "Pero incluso si esta fórmula de radiación resultaba absolutamente exacta, tenía un valor muy limitado: sólo como fórmula de interpolación felizmente acertada"[37]. Hacían falta nuevas investigaciones. El problema quedaba en mucho por resolver: "...o el cuanto de acción era una magnitud ficticia —entonces toda la inferencia de la ley de radiación era ilusoria en principio y se convertía en un juego de fórmulas privado sencillamente de contenido— o la inferencia de esta ley se apoyaba en una idea física acertada, y entonces el cuanto de acción tenía que desempeñar en física un papel fundamental..."[38]. Escrupulosos experimentos confirmaron el carácter cuántico de la radiación. Planck formuló la ley de la distribución de los cuantos, correlación que enlaza la energía del cuanto con la frecuencia de la correspondiente onda electromagnética: $E = h\nu$. Al mismo tiempo se descubrió la constante de Planck *(h)*, magnitud física universal que podía utilizarse como especial unidad invariable de medición. En la comprobación empírica y en el ulterior desarrollo de la hipótesis de Planck participaron mu-

---

(37) *M. Planck*, "Nacimiento y desarrollo gradual de la teoría de los quanta". "Unidad de la imagen física del mundo", pág. 58.

(38) Ibidem.

chos científicos de gran categoría, como Einstein, Born, Delye entre otros. Se obtuvieron nuevos hechos sobre las propiedades de las partículas y de los procesos en el micromundo. Los éxitos de toda la física cuántica contemporánea se derivan en gran medida de la hipótesis del genial físico germano.

El conocimiento y la elaboración de las exigencias que se plantean a la presentación y formulación de hipótesis también son importantes para valorar las que por principio no son susceptibles de resolución, para diferenciar las científicas de las especulativas al elegir entre hipótesis alternativas.

A menudo se plantea al investigador una difícil tarea: cómo evitar las hipótesis que por principio no admiten solución. En estos casos no hay que confiar sólo en la experiencia o en la intuición. No siempre es fácil hallar para los razonamientos una orientación que lleve a descubrir los hechos o leyes supuestos. Por esto se requiere un serio estudio de lo que precisamente puede dar la hipótesis en cuestión. En caso contrario la solución puede ser ilusoria. "Y resulta, no obstante, si se hace un examen más detenido, que las dificultades no han sido superadas, sino tan sólo desplazadas, y ello a una zona casi inaccesible a la comprobación experimental"(30).

Las hipótesis especulativas —a diferencia de las científicas— no pueden conectarse unívocamen-

---

(39) *M. Planck,* "Relación de la física novísima con la concepción mecanicista del mundo". "Unidad de la imagen física del mundo", pág. 58.

te con los hechos ni comprobarse utilizando métodos empíricos de conocimiento; partiendo de ellas, no es posible obtener resultados empíricos específicos. Veámoslo con un ejemplo. Aristóteles supuso en su tiempo que los planetas se mueven por círculos porque el círculo es la figura más perfecta. También en Tolomeo encontramos semejante enfoque. La hipótesis de Aristóteles en esencia es especulativa. No exige el estudio de hechos sobre el movimiento real de los planetas, sobre la velocidad y sus cambios en ciertas condiciones, sobre la dirección del movimiento, sobre las masas de los planetas, etc. Se ofrece una solución preparada: dado por supuesto que el círculo es la figura más perfecta, la explicación se presenta desde el primer momento como conclusión lógica del postulado de partida. En este caso, no sólo no se utilizan resultados de observaciones, mediciones y experimentos, sino que ni siquiera son necesarios. Si surge alguna necesidad de recurrir a los hechos, se los desdeña, por regla general, arbitrariamente. Las concepciones de Aristóteles se difundieron ampliamente y subsistieron hasta la época de Copérnico, Galileo y Newton. La hipótesis de Newton tiene, por principio, otras posibilidades cognoscitivas.

A pesar de que no se conoce aún el mecanismo concreto de la acción de las fuerzas gravitacionales ni existen aparatos que permitan fijar el carácter de las mismas (por ejemplo, su naturaleza corpuscular u ondulatoria, etc.), la hipótesis de Newton, a diferencia de la hipótesis especulativa de Aristóteles, sigue siendo de excepcional

importancia para el desarrollo de la ciencia. Se ha convertido en una nueva etapa de la elaboración de esa hipótesis, la teoría general de la relatividad de Einstein, teoría que enlaza la naturaleza de la gravitación con el cambio de propiedades del espacio y del tiempo en la proximidad de las masas. Al elaborar sus ideas, Einstein siguió las orientaciones metodológicas de partida fundamentales de Newton: empezar la investigación por las propiedades observables de los cuerpos en movimiento, hallar y formular reglas para la predicción exacta del comportamiento de estos cuerpos en el futuro, comparar empíricamente las predicciones, etc.

En la historia de la ciencia se han presentado no pocas hipótesis especulativas[40]. Con frecuencia, a su confirmación y a su refutación se han consagrado los esfuerzos de numerosas generaciones de científicos. Es indudable que el estudio de las causas de la ineficacia de tales hipótesis conserva, desde luego, su significado para la ciencia contemporánea.

Las conjeturas científicas no elaboradas todavía, por las causas que sean, en forma de hipótesis y no sometidas, por consiguiente, a comprobación empírica, también han de distinguirse de las proposiciones especulativas. Así, el descollante astrónomo Fred Hoyle enuncia la siguiente conjetura: "Las interacciones a grandes distancias y muchas constantes, en realidad están sometidas a lentos

---

(40) *W. O. George*, "The Scientist in Action. A Scientific Study of his Methods", pág. 236.

cambios en el tiempo. Estos cambios son muy pequeños en comparación con la velocidad de desplazamiento de las galaxias. Por esto los valores exactos de las constantes universales no son absolutos; sencillamente, pertenecen a la época en que nosotros casualmente vivimos"[41]. Esta conjetura no ha de considerarse especulativa. Se refiere a objetos que existen realmente y a los cambios de sus características cuantitativas; no sólo necesita de comprobación empírica, sino que, además, permite realizarla, por lo menos en principio; presta atención a las condiciones en que tales cambios son posibles, etc.

A menudo la presentación y la elaboración de semejantes conjeturas va asociada a una compleja lucha científica e ideológica. Así se luchó, por ejemplo, en torno a las conjeturas relativas a la existencia del gen, sustancia especial de la herencia. Las dificultades de la comprobación empírica de tales conjeturas pueden "transformarse" en orientaciones y divergencias ideológicas, pueden ser objeto de equivocada explicación metodológica[42].

El investigador ha de poseer una preparación lógico-metodológica no sólo para elaborar nuevas hipótesis, sino, además para elegirlas entre las que ya existen. A menudo, unos mismos fenómenos se explican científicamente por medio de diversas

---

(41) *F. Hoyle,* "La nueva física y la astronomía". "Horizontes de la ciencia y de la técnica", Moscú, 1969, pág. 59.

(42) Ver *I. T. Frolov,* "Genética y dialéctica", Moscú, 1968.

hipótesis (en astronomía, en la física cuántica, en la biología molecular y evolutiva, etc.). La elección de la más productiva requiere no poco tiempo y esfuerzo. En esto, el investigador puede chocar con complicadas tareas, empíricas y lógicas. Los propios investigadores por lo común prestan atención a la aptitud para comprobar empíricamente determinadas consecuencias de una hipótesis. Es menos frecuente que se haga hincapié en la importancia de saber analizar las hipótesis, su estructura y sus posibilidades lógicas. Y en realidad es precisamente este análisis lo que requiere una elevada preparación lógico-metodológica y lo que se convierte en punto de partida en la elección de la hipótesis más productiva para ulteriores investigaciones. Este análisis se halla vinculado al estudio crítico de las orientaciones establecidas en la ciencia y con la búsqueda y fundamentación de otras nuevas. Por ejemplo, el análisis de la hipótesis gravitacional de Newton y de toda la mecánica clásica desempeñó un gran papel en la elaboración de la teoría especial, y luego de la teoría general, de la relatividad de Einstein. En el análisis lógico-metodológico de las hipótesis hay que estudiar separadamente los hechos y las ideas de partida, y los conocimientos que se utilicen. No hay que confundir la comprobación empírica mediante hechos establecidos y la fundamentación lógica de ideas mediante determinados sistemas de conocimientos.

La existencia de hipótesis alternativas es condición del progreso de la ciencia, pues gracias a ellas se logra evitar la influencia de ideas preconcebidas y de esquemas dados en la interpre-

tación de los hechos. La comparación de las posibilidades cognoscitivas de diferentes hipótesis conduce al análisis lógico-metodológico de las soluciones en ellas propuestas. Y también los resultados obtenidos por la lógica y por la metodología de la ciencia pueden contribuir en gran medida a superar las dificultades que surjan.

El paso de la idea o de la conjetura a la hipótesis y de ésta a la teoría y a la ley sólo es posible, asimismo, gracias al cumplimiento de las exigencias que se presentan a la hipótesis. También va unido al estudio sistemático de las posibilidades cognoscitivas de la hipótesis, a la elaboración y a la puntualización del instrumental lógico, conceptual y, con frecuencia, matemático de la misma.

5. La dialéctica materialista y los problemas de la metodología de la ciencia

La dialéctica materialista constituye la base metodológica universal de la ciencia. Las ideas, los principios y las categorías de la dialéctica se conciben y se elaboran como exigencias especiales que, en la ciencia, se presentan a la actividad cognoscitiva.

No es posible construir una metodología de la ciencia sin haber elegido un punto de partida teórico. Pero no hay que detenerse en él y convertirlo en objeto único de estudio. En la ciencia, la actividad cognoscitiva se forma y se ejecuta partiendo de tradiciones, exigencias, hábitos y métodos históricamente surgidos y comprobados.

Al mismo tiempo, va siempre asociada a la búsqueda de nuevos objetos, de nuevos caminos y procedimientos de explicación, a la elaboración de nuevos medios de conocimiento, a la formulación de nuevas ideas, e incluye en sí la creatividad incluso donde la solución del problema ya se ha encontrado. Siempre son posibles y deseables las precisiones, la búsqueda de procedimientos más eficaces en la utilización práctica de los descubrimientos realizados, etc. La actividad cognoscitiva en la ciencia sufre constantemente cambios esenciales por la aparición de nuevos medios de conocimiento, por el descubrimiento de nuevos objetos, por el aumento del volumen de los conocimientos científicos y por la mayor complejidad que adquieren los problemas. En ella se producen cambios especialmente grandes por efecto de la revolución científica y técnica contemporánea: los investigadores disponen hoy de medios de conocimiento antes desconocidos: máquinas de calcular electrónicas, instalaciones experimentales, etc. Todos estos cambios se convierten en premisa esencial de la actividad cognoscitiva en la ciencia contemporánea. La metodología de la ciencia no puede hacer caso omiso de esos cambios, necesita disponer de hechos exactos que caractericen la actividad de los científicos, las particularidades de dicha actividad, sus cambios bajo la acción de los diversos elementos componentes del proceso científico del conocer. Tales hechos constituyen el punto de partida empírico para la elaboración de la metodología de la ciencia.

Por esto no es posible considerar esta meto-

dología tan sólo como aplicación de las tesis de la dialéctica materialista en niveles específicos. En esencia, llegamos inevitablemente a esta conclusión cuando intentamos descubrir el sentido metodológico real de las tesis de la dialéctica materialista. Tomemos, por ejemplo, una importante exigencia de la dialéctica sobre la que Lenin llamó la atención: "*objetividad* del examen (no ejemplos, no digresiones, sino la cosa misma en sí)"[43]. ¿Cómo debe o puede el investigador cumplir esta exigencia metodológica? ¿En qué condiciones esta exigencia es en general observable? Evidentemente tal exigencia presupone la diferenciación y el estudio de hechos exactos acerca del objeto que se examine, lo cual, a su vez, se halla relacionado con diversas acciones cognoscitivas empíricas y lógicas, con la utilización de medios de conocimiento, con el análisis de los sistemas iniciales del saber, con la delimitación de las conclusiones lógicamente posibles acerca de la existencia de unos hechos y sus consecuencias empíricamente comprobables, etc. El investigador ha de planear y controlar todo un conjunto de acciones cognoscitivas. En la metodología, este conjunto ha de estudiarse y expresarse en el correspondiente sistema de conceptos.

No son menores las dificultades que surgen al observar otras exigencias de la dialéctica materialista: estudiar los objetos de la ciencia en su desarrollo[44], "en relación con la experiencia con-

(43) *V. I. Lenin*, "Cuadernos filosóficos", "Obras", t. XXIX, pág. 202.

(44) Ibidem, pág. 317.

creta de la historia"[45], etc. Su inclusión en la metodología de la ciencia no es posible sin el estudio de la actividad cognoscitiva. Por esto ha de ser objeto de la metodología de la ciencia la actividad cognoscitiva real de los investigadores y de las colectividades de investigación científica.

Para la elaboración de la metodología de la ciencia, la dialéctica materialista, como teoría del conocimiento, tiene un valor de principio. En ella se encuentran formuladas proposiciones teóricas de partida que sirven de orientación para elaborar los problemas metodológicos de la ciencia; al mismo tiempo, muchas tesis de la metodología encuentran su fundamentación en la dialéctica materialista. Examinemos desde este punto de vista varias tesis de tal dialéctica.

1. No es posible explicar el proceso del conocimiento partiendo sólo de sus elementos aislados: de la actividad cognoscitiva, de los objetos de conocimiento, de los medios de conocimiento, de los conocimientos. En la historia de la filosofía y de la ciencia, semejantes enfoques llevaron a concepciones unilaterales, erróneas y, a menudo, idealistas. Las concepciones idealistas casi siempre tenían sus raíces en la interpretación de la actividad cognoscitiva del hombre como un principio inicial, absolutamente independiente, en el desarrollo del conocimiento. El materialismo contemplativo anterior a Marx surgió en gran parte basándose en una concepción de los objetos de cono-

(45) *V. I. Lenin*, "Carta a I. F. Armand, 30 de noviembre de 1916". "Obras", t. XLIX, pág. 329.

cimiento según la cual éstos se consideran directamente accesibles a la percepción sensorial, con independencia de la actividad cognoscitiva práctica y teórica. El desarrollo del conocimiento puede representarse como un proceso independiente de la creación espiritual, del nacimiento y del enriquecimiento de las ideas. Este enfoque constituye una particularidad esencial del sistema idealista de Hegel. El asignar un valor absoluto a la función de los medios lógico-lingüísticos y matemáticos de conocimiento también conduce indefectiblemente, como se ha expuesto más arriba, a una concepción errónea del proceso científico del conocer.

El punto de partida del estudio de la actividad cognoscitiva ha de ser el proceso del que dicha actividad forma parte. Así enfocada la cuestión, es posible estudiar objetivamente la estructura y los resultados de esa actividad, la historia de su nacimiento y desarrollo. En el presente trabajo se intenta demostrar que esta manera de proceder es fructuosa y necesaria. El proceso científico de conocimiento se forma y se desarrolla con relativa independencia. En su seno surgen necesidades especiales y condiciones para que éstas se realicen: conservación, desarrollo y consumo de conocimientos, aparición y utilización de ideas diversas, necesarias para el conocimiento científico; preparación de personal científico, elaboración de medios de conocimiento, etc. El estudio de las dependencias que se dan entre los elementos de dicho proceso constituye una de las tareas de la metodología de la ciencia.

2. Es de excepcional importancia la tesis acerca del papel de la práctica en el desarrollo tanto del proceso empírico espontáneo como del proceso científico del conocimiento. La práctica o actividad dirigida hacia el cambio del mundo objetual ha de formar parte de la actividad cognoscitiva en la ciencia. Incluye ante todo la transformación de los objetos cognoscibles, la construcción y utilización de los medios materiales de conocimiento, el cambio intencionado de las condiciones en que se estudian experimentalmente determinadas características, la delimitación y la comprobación de hechos, etc.

Sabido es que durante largo tiempo, la diferenciación de una sensible cantidad de objetos, su conocimiento y su utilización práctica se realizaban fuera de la ciencia e independientemente de ella. Así ocurrió con el desplazamiento de los cuerpos en el espacio, con muchos fenómenos físicos, químicos y biológicos. Poco a poco fue cristalizando la idea de que los objetos de la ciencia y de la actividad práctica siempre coinciden; se dan a la ciencia lo mismo que a la práctica cotidiana, pero aquella no prosigue su estudio, su asimilación y utilización iniciados en la práctica, sino que aborda el estudio sistemático de los objetos, se decía, independientemente de la práctica. Dado el muy escaso desarrollo de los medios materiales de conocimiento, la actividad práctica se contraponía, en general, al conocimiento científico.

La división del trabajo en intelectual y físico en las sociedades de clases antagónicas consolidó esa ruptura. El dominio del mundo circundante,

obra ante todo de las masas trabajadoras, se consideró opuesto a la explicación científico-teórica de dicho mundo. La actividad práctica se "sacó" fuera de los límites de la ciencia. Con esta perspectiva difícil era ver en la práctica la fuente de los conocimientos reales acerca del mundo. Se produce, como escribieron Marx y Engels, una "separación de los pensamientos e ideas en calidad de fuerzas independientes"[46].

Ello no obstante, en el curso mismo del desarrollo de la ciencia aparece la necesidad de llevar a cabo observaciones, mediciones y experimentos, es decir, surge un tipo especial de actividad práctica. Cuanto más complejos son los objetos, cuanto más apartados están de la experiencia cotidiana, tanto más importante es la función cognoscitiva de ese tipo de actividad. Téngase, además, en cuenta que también en la ciencia contemporánea muchas cosas se resuelven por el método denominado de pruebas y errores[47], método que presupone necesariamente acciones cognoscitivas prácticas.

La dialéctica materialista enlaza con el reconocimiento del papel cognoscitivo de la práctica, la función gnoseológica de los hechos en el conocimiento científico. De ahí se desprende la necesidad de estudiar y elaborar el mecanismo de la comprobación empírica de todos los sistemas de

---

(46) *C. Marx y F. Engels,* "La ideología alemana", "Obras", t. III, pág. 449. (Ediciones Pueblos Unidos, Montevideo, 1968).

(47) Ver *P. L. Kapitsa,* "El futuro de la ciencia". "La ciencia, hoy", Moscú, 1969, págs. 120-121.

conocimientos. La verdad objetiva de los conocimientos no puede establecerse mediante su confrontación con unas concepciones y teorías filosóficas del conocimiento.

La comprobación empírica por medio de hechos no repite las acciones cognoscitivas que el investigador ha realizado para diferenciar y estudiar tales hechos. Estriba en acciones hasta cierto punto independientes. No puede llevarse a cabo sin analizar sistemas comprobables de conocimientos. El investigador ha de precisar qué es, realmente, lo que se espera someter a comprobación empírica: confirmación, refutación y predicción.

El físico y filósofo inglés Arthur Eddington[48] afirmaba, en su tiempo, que entre los hechos y su explicación teórica se establece inevitablemente un círculo: los hechos se diferencian y establecen por medio de principios teóricos; los principios teóricos se comprueban empíricamente por medio de hechos diferenciados y establecidos. Eddington en esencia no veía camino alguno para salir de semejante círculo. Su punto de vista es una consecuencia de la concepción teórico-cognoscitiva que no delimita los sistemas objetivos sujetos a estudio respecto a los sistemas de acciones cognoscitivas, de medios lógico-lingüísticos y de conocimientos científicos. La dialéctica materialista ayuda a descubrir la falsedad de semejante concepción dado que los nexos, las dependencias y las interacciones, los cambios y sus resultados

---

(48) *A. Eddington,* "The Phylosophy of Physical Science", Cambridge, 1960.

se diferencian de manera esencial en cada uno de los sistemas citados.

En el objeto sometido a estudio, el investigador destaca elementos estructurales, nexos, dependencias, interacciones, estados, cambios reversibles e irreversibles, condiciones controlables e incontrolables, etc. Las interacciones de los medios materiales de conocimiento con esos elementos se manifiestan y se fijan en forma de cambios o resultados concretos (en la medición, en el experimento). Gracias a ello, precisamente, es posible obtener y reproducir hechos, aspirar a una exactitud accesible de las mediciones, etc.

En la búsqueda y descubrimiento de hechos pueden utilizarse diversos principios. Al mismo tiempo, los hechos descubiertos empiezan a "existir" en la ciencia independientemente de esos principios, y pueden emplearse en diferentes sistemas de conocimientos. Por ejemplo, la velocidad constante de la luz sirve para distintos fines de cálculo en electrodinámica, en astronomía y en otras ciencias. En la teoría especial de la relatividad, este hecho se formula en calidad de principio singular según el cual se interpretan la propagación de las ondas electromagnéticas, la relación entre las unidades eléctricas y las magnéticas, entre la masa y la energía, el límite superior de la velocidad de transferencia de energía (o de sustancia) respecto al observador y las limitaciones aplicables a la velocidad de enlace entre observadores.

Las conexiones y dependencias que se forman en el sistema de las acciones cognoscitivas del

investigador existen como secuencia adoptada de pasos empíricos y lógicos, como procedimiento para concordar los resultados obtenidos por distintos métodos, etc. Los cambios se realizan, en estos procesos, en forma de aparición de nuevos problemas, métodos y medios de conocimiento, en forma de nuevos criterios y resultados, etc.

Las conexiones y dependencias en los sistemas lógico-lingüísticos están determinadas por el carácter de las reglas que sirven para operar con signos, términos y conceptos.

En la ciencia no hay manera de formular ni de comprobar empíricamente principios, leyes, teorías e hipótesis de ninguna clase al margen de la interacción de esos sistemas. Al mismo tiempo, su delimitación constituye una premisa básica para el estudio de las acciones cognoscitivas empíricas y lógicas, para elaborar el mecanismo de la comprobación empírica de los principios teóricos.

En la investigación científica no debe identificarse la diferenciación y comprobación de los hechos con la función gnoseológica de los hechos establecidos. Eddington, al parecer, no presta atención a esta diferencia. Y el caso es que no se trata sólo de diferentes acciones cognoscitivas, sino, además, de diferentes problemas metodológicos. Al diferenciar, comprobar y aceptar hechos, partimos de que es imposible obtenerlos con independencia de la actividad cognoscitiva de los investigadores, de los medios y métodos de conocimiento elaborados en la ciencia, de los sistemas establecidos de conocimientos; en relación con esto se formulan también los criterios de lo que ha de considerarse como un hecho en la ciencia.

Al examinar la función gnoseológica de esos criterios, resolvemos otro problema metodológico: no es posible considerar objetivamente verdaderos los principios, leyes, teorías o hipótesis que no han obtenido comprobación empírica por medio de hechos. Huelga decir que todos esos principios y teorías pueden fundamentarse lógicamente aplicando otros sistemas de conocimientos. No debe negarse la importancia cognoscitiva de semejante método, con frecuencia muy laborioso. Sin embargo, no puede sustituir ni anular los hechos, ni tampoco, en consecuencia, su función gnoseológica en la ciencia.

Así ocurre que el "círculo de Eddington" "se rompe" sin cesar en la actividad cognoscitiva real. El descubrimiento de hechos no puede considerarse como una conclusión lógicamente unívoca inferida de principios aprovechables. En esto actúan premisas de carácter no lógico: existencia de medios materiales de conocimiento, de resultados unívocamente fijados de acciones cognoscitivas prácticas, susceptibles de control y comparación, etc. Además, los principios teóricos que se utilizan como punto de partida para la búsqueda de hechos han de recibir una fundamentación y comprobación especiales, independientes de los hechos buscados. Únicamente si existe esta fundamentación, puede el investigador confiar en que utilizará con éxito esos principios en sus búsquedas.

(3) Para la elaboración de la metodología de la ciencia desempeña un importante papel de principio la tesis de la dialéctica materialista sobre el carácter relativo de todos nuestros conocimien-

tos acerca del mundo[49]. En las ciencias naturales clásicas se creyó en la certidumbre absoluta, la exactitud y la aplicabilidad universal de los conocimientos obtenidos. En las ciencias naturales contemporáneas, estas ideas se someten a una revisión que, como indicó Lenin, no sólo afecta a los sistemas mismos de dichas ciencias, sino, además, a los principios y criterios teórico-cognoscitivos. Si este tipo de revisión se funda en la tradición idealista subjetiva, lleva a desechar los criterios objetivos en la valoración de los hechos, leyes, teorías e hipótesis. Las teorías en física, por ejemplo, empiezan a considerarse tan sólo como símbolos; los signos, como señales para la práctica. Ello significa negar la existencia de la realidad objetiva, independiente de nuestra conciencia[50]. Las leyes de la naturaleza se declaran puro convencionalismo, "limitación de la espera", etc.[51].

A consecuencias completamente distintas lleva el principio materialista dialéctico de la relatividad de nuestros conocimientos. En cada época del desarrollo de la ciencia disponemos de medios y métodos concretos de conocimiento. De ellos hemos de partir necesariamente tanto en la obtención como en la comprobación de conocimientos, a ellos están profundamente vinculados nuestros criterios de certidumbre, de exactitud y de rigurosidad.

---

(49) Ver *V. I. Lenin*, "Materialismo y empiriocriticismo", "Obras", t. XVIII, pág. 337. ("Materialismo y empiriocriticismo", edición citada, pág. 345).

(50) Ver ibídem, pág. 271. (Ibídem, pág. 281).

(51) Ver ibídem, pág. 277. (Ibídem, pág. 289).

El principio de la relatividad de los conocimientos también presupone la diferenciación de los hechos y su interpretación teórica. El que hechos iguales se interpreten de manera distinta no significa que una de esas interpretaciones sea absolutamente verdadera y la otra absolutamente falsa. Por lo común, ello indica cuán difíciles son los caminos por los que se alcanza un saber objetivamente verdadero.

Los científicos avanzan por sendas distintas, y a veces a través de dramáticas colisiones, hacia la comprensión y la aceptación del principio de la relatividad de nuestros conocimientos. Así Max Planck sólo después de largas y atormentadoras vacilaciones decidió presentar a sus colegas su hipótesis cuántica. Se daba perfecta cuenta de que su hipótesis podía provocar una revisión a fondo de muchas ideas de las ciencias naturales clásicas. La polémica entre científicos tan ilustres como Einstein y Bohr no sólo concernía, en esencia, a los principios básicos de la mecánica cuántica, sino, además, a los criterios de la exactitud empírica y de la rigurosidad lógica, al fundamento y a la certeza del contenido de muchas teorías e hipótesis contemporáneas. En última instancia se trataba de elucidar la naturaleza de los conocimientos científicos, del mecanismo de su surgimiento y de su comprobación, de los criterios que se utilizan para valorarlos y aceptarlos en la ciencia.

La dialéctica materialista orienta la metodología de la ciencia hacia el estudio de las premisas y dependencias que determinan el carácter de nuestros conocimientos acerca del mundo. Esto

significa que es necesario investigar no sólo la estructura de los objetos que se estudian, sino, además, la del proceso científico mismo del conocer, las dependencias entre los elementos de que se compone la actividad cognoscitiva.

4. En la elaboración de la metodología de la ciencia desempeña un papel esencial el principio del estudio histórico concreto de los cambios y contradicciones en el desarrollo del proceso científico del conocimiento.

Este principio adquiere singular importancia en la revolución científico-técnica contemporánea. Los investigadores reciben nuevos medios materiales de conocimiento que modifican en gran manera el carácter del trabajo de investigación científica; surgen formas de división del trabajo antes desconocidas y, junto con ellas, nuevas condiciones de la actividad cognoscitiva tanto para el investigador individual como para las colectividades de investigación científica. Veamos, acerca de este particular, algunos cambios esenciales en la actividad cognoscitiva de los investigadores.

Proceso dialéctico
- Des. conocim.
- met. conocim.

CAPÍTULO V

EL INVESTIGADOR EN LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS

1. ¿Puede la máquina sustituir al investigador?

La aparición y el constante perfeccionamiento de las máquinas de calcular electrónicas, así como su utilización cada vez más amplia en las investigaciones científicas han planteado el problema de automatizar el trabajo intelectual del hombre. Antes, los medios materiales de conocimiento se utilizaban para realizar observaciones y mediciones, para poner a punto los experimentos. Para eso mismo servían y sirven numerosos aparatos y dispositivos experimentales. Las M.C.E. son capaces de cumplir varias funciones del cerebro humano: recordar, conservar y extraer información, seleccionar hechos para facilitar el descubrimiento de leyes, modelar matemáticamente, traducir un texto de un idioma a otro, etc. La utilización de M.C.E. cambia en gran manera el carácter del trabajo intelectual del científico. Las funciones de mando, de cálculo y de información de estas máquinas permiten liberarse de una cantidad ingente

de trabajo intelectual, sobre todo en procesos como los de seleccionar, conservar y elaborar información. Valiéndose de máquinas que ejecutan más de un millón de operaciones por segundo, pequeños grupos de científicos pueden cumplir un laborioso trabajo de investigación.

Las dificultades que en este camino se han presentado no han sido pequeñas. Había que comprender el alcance no ya de la experiencia que suponía la utilización de las M.C.E. en la investigación científica, sino, además, de las posibles perspectivas que se abrían para el desarrollo de la ciencia y de la técnica. Entre los científicos empezaron las discusiones acerca de las funciones de las M.C.E. en la investigación científica. En breve plazo, las publicaciones científicas sobre el tema alcanzaron ya un volumen colosal. Los grandiosos éxitos obtenidos en la creación de los denominados autómatas pensantes dieron origen a representaciones sobre la posibilidad de sustituir enteramente al investigador por máquinas. El problema se formula como sigue: ¿hasta qué punto son necesarios el investigador y sus acciones cognoscitivas para la obtención de conocimientos y para el desarrollo de la ciencia en general? A primera vista semejante planteamiento del problema parece poco natural, artificiosamente introducido en la ciencia. No en vano los correspondientes razonamientos se calificaron de nueva mitología, afín a la obra de los astrólogos[1].

---

(1) Ver *M. Taube*, "Calculadoras y sentido común", Moscú, 1964, págs. 30 y otras.

Actualmente la exaltación polémica y las exageraciones a que ha dado lugar se van reduciendo. Se ha acumulado ya experiencia en la utilización de las M.C.E. para la investigación científica. Se ve con claridad que resolver las cuestiones objeto de discusión exige serias investigaciones económico-sociales, psicológico-sociales y lógico-metodológicas. En última instancia, la estimación correcta del papel del investigador y de las tendencias de cambio en su actividad cognoscitiva está profundamente relacionada con el desarrollo de toda la ciencia contemporánea.

Las discusiones sobre el cambio del lugar y papel del investigador conciernen muy directamente a los problemas de la metodología de la ciencia. Centraban y centran la atención, las cuestiones siguientes: a) ¿En qué acciones cognoscitivas las M.C.E. pueden sustituir al investigador y pueden describirse las funciones de estas máquinas en conceptos de la lógica y de la metodología de la ciencia? b) ¿Qué cambios, en la actividad cognoscitiva de los investigadores, pueden esperarse en el futuro, a medida que vayan haciéndose más complejas las M.C.E. creadas y se vayan construyendo otros tipos de las mismas? ¿En qué medida son fundados los pronósticos sobre el posible cumplimiento de todas las funciones del investigador por parte de las máquinas de calcular electrónicas? c) ¿De qué manera cambia el papel del investigador y de su experiencia de investigación científica a consecuencia de la amplia utilización de las M.C.E.? d) ¿Qué cambios provocan y pueden provocar en el futuro semejantes medios de

conocimiento en la preparación del personal científico? ¿Qué cambios surgen, bajo la acción de las M.C.E. en el lenguaje de la ciencia y en el carácter de los conocimientos científicos?, etc.

La influencia de la filosofía marxista sobre el desarrollo de la ciencia contemporánea y sobre la actividad cognoscitiva de los investigadores depende en gran medida del correcto planteamiento de semejantes cuestiones y de la solución concreta que se les dé. Una actitud negativa hacia ellas es peligrosa cualesquiera que sean las razones que la justifiquen. La revolución científica y técnica ha dado origen a una situación en muchos aspectos completamente nueva. Ahora no basta confirmar con nuevos resultados científicos problemas teórico-cognoscitivos y metodológicos hace tiempo planteados y acertadamente resueltos. Para el ulterior progreso de la ciencia es más importante plantear y comprender nuevos problemas que, según palabras de Marx, constituyen "tentativas *científicas* de revolucionar la ciencia"(2). Tales problemas, en las condiciones actuales, se convierten en el motor principal y en la fuente del progreso científico. La creación de M.C.E. revoluciona uno de los tipos más complejos de actividad humana: el trabajo intelectual. Las perspectivas y consecuencias de este proceso requieren un estudio concreto. En esta cuestión no basta rechazar las posiciones existentes o apoyarlas sólo con argumentos lógicos basados en la historia pre-

(2) *C. Marx*, "Carta a Ludwig Kugelmann, 28 de diciembre de 1862". *C. Marx* y *F. Engels*, "Obras", t. XXX, pág. 528.

cedente del proceso científico del conocimiento. Se necesitan nuevos argumentos fundados en un cuidadoso estudio del panorama actual de la ciencia.

Examinemos algunos problemas directamente relacionados con la metodología de la ciencia.

1. ¿Es posible en general el ulterior desarrollo de nuestros conocimientos acerca del mundo sobre la base exclusiva de modificar y perfeccionar los conocimientos ya existentes? ¿O bien la obtención de nuevos conocimientos está unida, como antes, a la búsqueda de nuevos objetos y a su inclusión en el proceso científico del conocimiento, al cambio de estos objetos en la práctica, a la obtención de nuevos hechos, es decir, a todo el conjunto de las tareas cognoscitivas empíricas y teóricas, de los métodos empíricos y lógicos de conocimiento? El problema está planteado por el desarrollo de la ciencia contemporánea. En efecto, el volumen de los conocimientos crece a ritmos jamás vistos; la conservación, la elaboración, el perfeccionamiento y la utilización eficiente de estos conocimientos se convierten en una tarea cada vez más necesaria. El empleo generalizado de M.C.E. estimula la búsqueda de métodos para resolver dicha tarea. Mas, a la par de los éxitos alcanzados en este terreno, surge la cuestión de en qué medida el ulterior desarrollo de la ciencia dependerá del perfeccionamiento y de la modificación de los conocimientos científicos ya obtenidos. ¿No es este camino el más eficaz, y no hay que centrar los esfuerzos de los investigadores en la elaboración de los métodos correspondientes?

Creemos que sería un gran error considerar esta vía como fundamental en el ulterior desarrollo de nuestros conocimientos acerca del universo. El papel decisivo lo desempeñan, como antes, los métodos empíricos de conocimiento históricamente formados: la observación, la medición y el experimento, como lo confirman el estado y el desarrollo de cualquier ciencia contemporánea. La física cuántica, por ejemplo, se encontró con la compleja tarea de buscar y descubrir nuevos objetos, desconocidos antes. Se necesitaron nuevos medios materiales de conocimiento, se hicieron más complejas la preparación y la realización de observaciones, mediciones y experimentos.

El desarrollo de la física cuántica tiene en general un valor extraordinario para la comprensión de los problemas teórico-cognoscitivos y metodológicos. Ha resultado evidente, en particular, que las dificultades que presentan la obtención y la comprobación de conocimientos crecen en proporciones colosales donde se reducen las posibilidades de observar, medir, llevar a cabo experimentos y variar el comportamiento de los objetos en condiciones dadas y controlables. La modificación de los conocimientos obtenidos puede sugerir nuevas soluciones y nuevos caminos de búsqueda. Pero ningún investigador puede detenerse en esto si ha de recurrir necesariamente a tareas cognoscitivas y a métodos de estudio empíricos para la búsqueda, el descubrimiento y el examen de nuevos hechos. La cuestión se plantea en términos análogos en todas las ciencias, sobre todo en la química, en la biología molecular, en la astronomía y en la sociología.

Además, las particularidades cualitativas de muchos de los objetos que se descubren no siempre coinciden con las particularidades de los objetos ya descubiertos y relativamente estudiados. Ningún investigador puede confiar sólo en que se van a repetir, en futuras investigaciones, propiedades ya conocidas. Así lo atestiguan el paso de la ciencia al estudio del micromundo y la historia del conocimiento de dicho mundo, en el que se descubre una cantidad cada vez mayor de nuevas propiedades y de nuevos procesos. Y en este terreno, la sola modificación de los conocimientos existentes con frecuencia no da resultados eficaces.

Adquiere, en relación con esto, una importancia esencial la siguiente cuestión: ¿puede la máquina, como el investigador, plantear o comprender el problema de la búsqueda de nuevos objetos específicos, elegirlos e incluirlos en la investigación científica, formular tareas cognoscitivas empíricas y teóricas, realizar observaciones, efectuar mediciones y hacer experimentos? ¿Puede la máquina cambiar adecuadamente las situaciones con el fin de descubrir y estudiar nuevas propiedades, formular nuevos problemas, controlar acciones cognoscitivas, valorar y comprobar los resultados obtenidos? En la práctica, todas esas acciones cognoscitivas resultan muy complejas, incluso para investigadores preparados y experimentados. Sólo han empezado a ser objeto de estudio sistemático en la metodología contemporánea. Y sólo contando con investigaciones detalladas podremos preparar, para las M.C.E., programas heurísticos que se utilizarán con eficacia en la investigación científi-

fica. En este campo, los éxitos son pequeños todavía, no se han obtenido más que los primeros resultados[3].

Por esto el investigador sigue siendo —y lo será en un futuro previsible— insustituible en la búsqueda, en el descubrimiento y en el estudio de nuevos objetos, en la ampliación y profundización de nuestros conocimientos acerca del mundo.

2. La actividad del investigador en la resolución de cualquier tarea cognoscitiva se caracteriza por la *comprensión* de los fines y de los resultados, de las situaciones de partida y de las de nueva creación, de los medios y métodos de conocimiento elegidos, y por la selección de los pasos acertados y de los erróneos. La comprensión, según ponen de manifiesto diversas investigaciones, es una propiedad muy compleja del pensamiento humano. Tal vez constituya una de las características más importantes de cualquier tipo de actividad humana orientada hacia un fin determinado. Se hace patente al coordinar diversas especies de información con el fin de resolver una tarea, al controlar el curso de la resolución y al autocontrolar las acciones que para ello se ejecutan. La comprensión organiza cualquier especie de acto creador, cualquier búsqueda de nuevos objetos. Permite delimitar lo conocido y lo desconocido, la información entendida y un conjunto sin sentido de signos, etc. El estudio de las particularidades de la comprensión y de lo que significa para

---

(3) Ver *W. Reitman*, "Conocimiento y pensamiento. La modelación al nivel de los procesos informativos", Moscú, 1968.

obtener, conservar, elaborar y utilizar información se convierte ahora en una tarea científica de excepcional importancia.

Junto a la psicología, se ocupa del problema de la comprensión una parte relativamente joven de la cibernética: la programación heurística. Los investigadores procuran crear una teoría común para el cerebro humano y para las máquinas sobre el trabajo de los sistemas que elaboran información. Según sean los programas preparados, los científicos relacionan con la comprensión diversos procesos mentales y definen de distinta manera el "operador de la comprensión". El término "comprensión" denota un proceso informativo, propio de las personas, que "transforma los juicios, partiendo de su forma escrita o verbal, en representaciones cognoscitivas del «sentido»... de dichos juicios"(4). También se enlazan con la comprensión los procesos de transformación de las secuencias de entrada en representaciones interiores(5). Algunos investigadores intentan definir la comprensión partiendo de una "base conductista". He aquí una de tales definiciones: "Un sistema ha de ser capaz de responder a las cuestiones de manera que las personas consideren sensato reconocer las consecuencias derivadas de determinados hechos, sacar de la memoria hechos concernientes a la cuestión dada y, finalmente, descubrir la existencia de una representación interior generalizada para cualquier contenido semántico"(6). Se preparan diversos pro-

(4) Ibídem, pág. 303.
(5) Ibídem, pág. 304.
(6) Ibídem, pág. 316.

gramas para describir y realizar la comprensión.

En la solución de estas cuestiones se han registrado ya algunos éxitos. "Sin embargo —escribe W. Reitman—, a pesar de los esperanzadores éxitos obtenidos en los procesos de regulación, de atención, de memoria momentánea y de las limitaciones con que la información se elabora, así como también de la influencia de esos procesos en la formación de hábitos... en el reconocimiento y en la formación de imágenes y mensajes, estamos todavía lejos de explicar con claridad y rigor el conjunto de estructuras y procesos que se encuentran en la base de la racionalidad humana"(7).

La comprensión desempeña un gran papel en la construcción de nuevos sistemas de conocimientos. Ninguno de esos sistemas ha de identificarse sólo con la utilización de elementos formales ni ha de considerarse como una máquina especial para obtener conclusiones. Al elaborar un sistema cualquiera de conocimientos, el investigador expresa necesariamente una determinada manera de comprender la zona objetual dada. A menudo esa comprensión estimula la ulterior investigación con más fuerza que el hecho de observar o no observar exigencias formales.

Señalaremos aún el papel de la comprensión en la incorporación consciente del investigador a un determinado tipo de actividad científica. En esencia, la comprensión es una de las premisas fundamentales de semejante incorporación. Se

(7) Ibidem.

forma coordinando una gran cantidad de hechos, en los que entra: el conocimiento del problema, la aptitud para delimitar fines concretos como etapas de su resolución, la capacidad para formular tareas cognoscitivas que han de resolverse en cada una de esas etapas, los hábitos en la utilización de métodos y medios de conocimiento, etc. La comprensión también presupone saber diferenciar y tener razonablemente en cuenta factores diversos y muy complejos de organización, psicológico-sociales, de comunicación, emocionales y otros del medio circundante. Contribuye a adquirir conciencia de que se pertenece a una escuela científica que busca sus caminos para resolver el problema y determina el nivel de la actividad de investigación científica. Presupone asimismo una evaluación consciente de los fines y de las consecuencias sociales de dicha actividad. Por ahora resultan todavía sumamente limitadas las posibilidades que tienen las máquinas, hasta las más perfectas, de imitar la comprensión humana en la conducta.

3. Constituye una particularidad esencial de la actividad cognoscitiva del investigador la creatividad, de la que resulta inseparable el incremento del saber en la ciencia. Ninguna nueva investigación, ni siquiera de un mismo investigador, es copia de las precedentes. Ahora bien, si comparamos la actividad cognoscitiva de científicos que trabajan en unos mismos problemas, las diferencias serán todavía más importantes. ¿Cómo y por qué surgen? Es indudable que en esto se ponen de manifiesto las particularidades psicológicas

individuales de los investigadores. Sin embargo, las diferencias más profundas, en la creatividad, tienen su raíz en las orientaciones conscientemente elaboradas por el investigador. Las capacidades individuales del investigador influyen de manera esencial sobre el proceso de la ciencia. Por esto, precisamente, los científicos valoran mucho las capacidades creadoras en su propia actividad cognoscitiva y en la actividad de sus colegas.

La creatividad como búsqueda y descubrimiento de soluciones nuevas, antes no conocidas ni determinadas, es condición necesaria del perfeccionamiento, de la modificación y de la unificación de conocimientos y medios cognoscitivos ya obtenidos, de la asimilación y transmisión de resultados ya alcanzados. Su papel esencial, no obstante, lo desempeña en la formulación de nuevas ideas, hipótesis y problemas, en el descubrimiento de nuevos métodos para resolverlos, en la construcción y elaboración de nuevos medios materiales, y de otro tipo, de conocimiento, en la preparación de nuevos métodos para obtener y comprobar los conocimientos. La creatividad acompaña siempre a la búsqueda y al descubrimiento de nuevos argumentos científicos que impugnan o defienden determinadas ideas, hipótesis, orientaciones exploratorias, soluciones propuestas, etc., facilita la aparición de diversos "puntos de crecimiento" en la ciencia.

Existen muchas publicaciones sobre la creatividad en la ciencia. Lo más valioso, sin embargo, al respecto, es el testimonio de los mismos investigadores. Mas en las publicaciones soviéticas, el estudio de la creatividad desde el punto de vista

de los problemas de la metodología no ha hecho más que empezar[8]. Sabido es que en la metodología y en la lógica de la ciencia no existen reglas para la introducción de generalizaciones de diferentes niveles, para la presentación de nuevas ideas, hipótesis, soluciones constructivas, métodos, etc. No existen normas rigurosas para concordar las tareas cognoscitivas en las diferentes etapas de la investigación científica. La falta de elaboración de estos problemas limita en gran manera el estudio concreto de la naturaleza de la creatividad científica.

La creatividad surge en el marco de las acciones en que se prepara y se estimula. Es una parte de la experiencia cognoscitiva del investigador, de su aptitud para observar, razonar, inferir conclusiones y construir imágenes; la intuición constituye una parte de esta experiencia. En última instancia, cualquier idea, hasta la más inesperada y original, nace y se valora en los límites de esa experiencia, al resolverse tareas cognoscitivas.

¿Cuáles son las posibilidades de las máquinas actuales en este terreno, tan importante? Todos los algoritmos y programas de las máquinas se basan en una secuencia de operaciones rigurosamente fijada. Aunque algunos programas heurísticos contienen "reglas de transferencias condicionales y operadores de selección casual" su particularidad esencial estriba en el "carácter determinado de las operaciones"[9]. Los resultados más

(8) Ver "La creación científica", Moscú, 1969.

(9) *A. V. Napalkov*, "El desarrollo de la teoría de la programación heurística: vías y tareas".

interesantes se han obtenido utilizando programas heurísticos en el estudio de los procesos de elaboración mental de la información[10]. Ahora bien, todos estos programas se fundan en diversos procesos del operar con símbolos: lectura, registro, copia, supresión y comparación de símbolos. El proceso en que el investigador elabora la información transcurre de otro modo: se caracteriza no sólo por el objeto fijado (hallar una solución preparada, determinar el nivel de investigaciones hechas, aclarar las orientaciones establecidas de las búsquedas, las ideas básicas, etc.) y no sólo por las valoraciones de tales o cuales fuentes de información, sino, además, por la búsqueda, la elaboración y la formación de una solución propia. La información se capta y se elabora de golpe, diríase que en varias dimensiones. Es indudable que semejante elaboración constituye un proceso creador. En él se incluye necesariamente, y se presupone, la comprensión de la información recibida así como la producción de información nueva. Y esta actividad no está al alcance de las máquinas actuales, ni siquiera de las más perfectas.

4. Todo investigador serio se preocupa mucho de comprender y enriquecer su propia expe-

---

Introducción al libro de *W. Reitman*, "Conocimiento y pensamiento. La modelación al nivel de los procesos informativos", pág. 17.

(10) Ver *A. Newell* y *T. Simon*, "El programa GPS, modelador del proceso del pensamiento humano". "Las calculadoras y el pensamiento", Moscú, 1967, págs. 283-301.

riencia de investigación científica. Para él, ésa representa una especie de "laboratorio espiritual", laboratorio que el investigador ha de conocer bien y ha de saber utilizar con habilidad. Cada científico se forma hábitos propios de investigación: saber observar, reflexionar, anotar los pensamientos, conversar con sus colegas, leer obras científicas y literarias, etc. Muchos científicos relacionan sus éxitos con el perfeccionamiento de ciertos hábitos de trabajo. Leonardo da Vinci, Thomas Edison y otros, por ejemplo, acostumbraban anotar las ideas que se les ocurrían mientras reflexionaban en algún problema; en lo que más se fijaban no era en la exactitud de las formulaciones, sino en lo nuevo, en los nuevos enfoques para la resolución de los problemas. Otros científicos estiman necesario anotar solamente los resultados de sus meditaciones. Algunos creen que se ha de componer una lista exacta de las cuestiones que se han de resolver en un determinado orden.

Los investigadores no son "robots" ideales. Son personas, con sus particularidades intelectuales, psicológicas y morales. El sentirse cohibido, la timidez, la desconfianza en las fuerzas y en la experiencia propias pueden entorpecer el desarrollo de sus capacidades y posibilidades. El engreimiento y la excesiva atención a uno mismo también pueden dificultar el desarrollo de las propias facultades. La elaboración de índices rigurosos para la evaluación de los resultados que se obtengan constituye una parte importante de la experiencia del científico como investigador. Quienes no se preocupan por comprender con espíritu crítico y enriquecer su propia experiencia —o son

incapaces de hacerlo—, con frecuencia pierden una de las fuentes y uno de los estímulos más importantes de la creatividad en la ciencia. Ninguna M.C.E., ni siquiera la más perfecta, es capaz de penetrar constantemente en el sentido de la experiencia acumulada, de enriquecerla y de utilizarla creativamente.

Resumamos el breve análisis de las posibilidades cognoscitivas del investigador y de las M.C.E. más perfectas. Por ahora, los autómatas pensantes no pueden cumplir ninguna de las funciones cognoscitivas más importantes del investigador: búsqueda de nuevos objetos y diversas acciones cognoscitivas relacionadas con ella, como son la comprensión, la creación y la actitud consciente ante la propia experiencia. El investigador sigue siendo el "hacedor" principal de los descubrimientos científicos. El estudio de la actividad cognoscitiva de los investigadores, de las premisas y tendencias de dicha actividad continúa siendo una tarea cardinal de la lógica y de la metodología de la ciencia.

Desarrollan la ciencia grandes grupos de personas. En la base de todos los éxitos científicos se encuentran, en última instancia, esfuerzos colectivos de los investigadores. Esto, sin embargo, no va en menoscabo del papel que desempeña el individuo, de su experiencia, de su preparación ni de sus anhelos; al contrario, el estudio de sus hábitos y de sus particularidades es de importancia excepcional para la formación de colectividades de investigación científica y para el desarrollo de la ciencia en general. Por mucho que aumente

la importancia de las colectividades de investigación en la ciencia, no es posible pensar lógicamente en colectividad, no es posible observar colectivamente, formular nuevos problemas e ideas, construir y analizar teorías. Se presupone la utilización de los resultados obtenidos gracias a los esfuerzos precedentes de los investigadores, pero son los individuos quienes ejecutan semejantes acciones cognoscitivas. Todo lo que signifique rebajar o desdeñar sus posibilidades individuales frena inevitablemente el progreso de la ciencia. El estímulo y desarrollo de las capacidades y posibilidades individuales de los investigadores así como la sabia utilización de su experiencia, siempre ha constituido una fuente importante de dicho progreso.

2. Particularidades de la actividad cognoscitiva en la ciencia contemporánea

La utilización de las M.C.E. presenta nuevas exigencias a la actividad cognoscitiva del científico: saber formular con precisión una tarea, saber explorar, programar y operar con lenguajes simbólicos, etc. La adquisición de hábitos para utilizar con eficacia los medios materiales de conocimiento actuales requiere no pocos esfuerzos y tiempo. A menudo, la carencia de estos hábitos y la insuficiente preparación de los investigadores se convierten en un obstáculo para que algunos científicos participen en tareas de investigación.

El dominio de nuevos medios de conocimiento hace, indudablemente, más compleja la actividad

cognoscitiva en la ciencia. Existen, no obstante, otras causas que la complican. Examinemos brevemente algunas de ellas.

1. Donde más rápidamente se desarrolla la ciencia es donde se logra encontrar nuevos métodos para la resolución de problemas. La búsqueda de tales métodos se convierte en una faceta importante de la actividad cognoscitiva de los investigadores. Citaremos dos ejemplos. La elaboración y la amplia utilización de los métodos estadísticos y probabilísticos en el estudio del micromundo constituyeron un progreso colosal. No se trata sólo de que estos métodos permitieran obtener una gran cantidad de nuevos hechos sobre las micropartículas y los microprocesos así como hallar el camino de su utilización práctica. Diferenciaron nuestras representaciones sobre leyes que caracterizan distintos niveles estructurales de la materia, y sobre las dependencias causales en el mundo. Junto a las leyes dinámicas de la mecánica clásica, la ciencia contemporánea utiliza ampliamente leyes estadísticas, leyes funcionales probabilísticas, etc. Otro ejemplo: La penetración de los métodos cuantitativos de la elaboración de datos en las ciencias económico-sociales es considerada por algunos científicos como un viraje radical cuyas consecuencias aún es difícil calibrar[11]. Nuevos métodos y perspectivas aporta a la ciencia la cibernética.

---

(11) Ver *O. Helmer*, "La ciencia". "Horizontes de la ciencia y de la técnica", Moscú, 1969, pág. 22.

Hasta hace muy poco tiempo, numerosas ciencias —la psicología, la bioquímica y otras— se desarrollaron diferenciando una cantidad cada día mayor de propiedades, características, procesos, etc. En este camino se descubrieron muchos hechos nuevos, a menudo de importancia esencial. Pero la ulterior especificación solía convertirse en fin en sí misma; con este enfoque, los fracasos en la búsqueda de leyes que regulen unos procesos siempre pueden explicarse por la insuficiencia de hechos. En principio, es difícil presentar objeciones a semejante explicación. Sin embargo, siempre resulta útil, en la ciencia, buscar nuevos caminos y métodos para la solución de los problemas. Métodos que quedan justificados en unos enfoques, pueden ser insuficientes o ineficaces en otros y a veces, incluso, pueden entorpecer la búsqueda de nuevas soluciones.

En la neurofisiología clásica, por ejemplo, los actos de conducta se relacionaban con el funcionamiento de determinadas zonas del sistema nervioso superior y del cerebro. Fue sobre todo la escuela de Pávlov la que elaboró este enfoque. Se propusieron rigurosos métodos experimentales para registrar las respuestas reflejas elementales a especies diversas de estímulos. Esos métodos permitieron acumular una cantidad ingente de datos experimentales. Se creyó que sólo por este camino podían continuarse las investigaciones sobre el trabajo del cerebro y, por consiguiente, sobre los diversos tipos de actividad psíquica. Poco a poco, sin embargo, junto a los grandes éxitos alcanzados en esta dirección, se acumularon las dificultades y

se tuvo conciencia de ellas. Se vio con claridad que las tentativas de conectar directamente la conducta —en el amplio sentido de la palabra, incluyendo los reflejos condicionados— con la organización física del sistema nervioso no conducían al éxito.

Hasta hace poco tiempo se elaboraron muchos y diversos programas heurísticos para modelar aspectos concretos de la actividad intelectual del hombre (el trabajo del operador, etc.). Sin embargo, el paso a programas más complejos chocó con dificultades, ya que se desconocían los principios de elaboración de la información y muchas otras funciones de la conciencia humana(autoaprendizaje, solución de tareas, reconocimiento, comprensión, etc.) [12]. Había que proceder de otro modo para estudiar estas funciones. Los nuevos enfoques empiezan a elaborarse en diversos programas heurísticos. La nueva vía teórica permitió aclarar el carácter complejo del trabajo del cerebro humano. Según parece, es imposible descomponer muchas de sus complejas funciones en otras más elementales o reducirlas a la acción de sencillos elementos estructurales del cerebro y del sistema nervioso.

La búsqueda de nuevos métodos y enfoques también desempeña un papel muy importante en el desarrollo de la física del micromundo, de la biología molecular y submolecular, de la química

---

(12) Ver *A. V. Napalkov*, "El desarrollo de la teoría de la programación heurística: vías y tareas". Introducción al libro de *W. Reitman*, "Conocimiento y pensamiento. La modelación al nivel de los procesos informativos", pág. 6.

y de las investigaciones sociológicas. Absorbe una cantidad enorme del tiempo de los investigadores, exige audacia creadora y cooperación de esfuerzos. En este terreno, sólo pueden confiar en el éxito los investigadores que poseen una seria preparación, amplitud de concepciones y una clara comprensión de las tendencias básicas en que se desarrolla la ciencia. No cabe esperar resultados nuevos desde un punto de vista de principio si se trabaja utilizando los métodos viejos.

2. La creciente diferenciación de la ciencia contemporánea exige una especialización cada vez más profunda de los investigadores, y esto se convierte en una importante premisa para que pueda elevarse el nivel profesional de cualquier especie de trabajo de investigación científica. Al mismo tiempo, no obstante, se observa una integración cada vez mayor de las ciencias en el estudio de los objetos complejos y en la resolución de muchos problemas. Actualmente no existe todavía ninguna comprensión unívoca de este proceso. A veces por integración se entiende la necesidad de coordinar los esfuerzos de los investigadores que trabajan en distintas ciencias para el estudio de procesos tan complejos como son los biológicos, los sociales, etc.; otras veces, se entiende por integración una síntesis peculiar de diversos sistemas de conocimientos.

Este proceso ha de ser cuidadosamente estudiado. En esencia, sólo empezamos a darnos cuenta de su carácter y de sus consecuencias para el desarrollo de la ciencia y para la actividad cognoscitiva de los investigadores. Por integración

entenderemos aquí el nexo que se da entre diferentes ciencias cuando los métodos, los principios y las ideas elaborados para el estudio de unos objetos se convierten en necesarios y efectivos para el estudio de objetos completamente distintos. Tal conexión surge en el punto de contacto de la física con la química (física química y otras ciencias), de la química con la biología (bioquímica, etc.). Según parece, en el futuro este proceso proseguirá aún en mayor escala, y así lo corrobora la revolución científica y técnica contemporánea.

La integración presenta nuevas exigencias a la actividad científico-técnica y requiere, en particular, la colaboración de representantes de diferentes ciencias. Con la particularidad de que la cooperación es poco eficaz si los científicos que trabajan en distintos sectores no llegan a encontrar un lenguaje común en la utilización de métodos, ideas y principios. Ahora bien, esto implica nuevas exigencias no ya en lo tocante al volumen de conocimientos, sino, además, en lo que respecta a los métodos de su utilización. El físico que desea estudiar, digamos, procesos biológicos, ha de conocer las particularidades de los organismos vivos. Pero lo fundamental radica en la búsqueda de métodos de utilización de los conocimientos físicos con vistas al estudio de procesos biológicos, cuando los conceptos de la mecánica cuántica se utilizan para estudiar procesos biológicos como la fotosíntesis, la sensibilidad de la retina a la luz, la bioluminiscencia, los mecanismos de la fermentación, etc.[13]. En este caso, las capacidades crea-

(13) Ver "Cuestiones de biofísica. Materiales

doras del científico han de apoyarse en el análisis cuidadoso de los principios, teorías, leyes, hipótesis e ideas. A menudo semejante análisis conduce a una nueva formulación de los problemas, a una comprensión nueva de los fines de la investigación, del orden de las tareas cognoscitivas, y puede influir sobre todos los aspectos de la investigación científica.

3. Casi en todas las ciencias, la formulación y resolución de problemas requieren de los investigadores la utilización de un volumen extraordinario de conocimientos. Es imposible trabajar con eficacia en la vanguardia de la ciencia aislándose del torrente de información, cada día mayor. Hallarse constantemente sumergido en él estimula a crear y determina el nivel de las investigaciones. Formar hábitos para el uso de la información presenta grandes dificultades. También para ello es necesario aunar los esfuerzos de representantes de muchas ciencias, incluyendo la metodología, la lógica, la psicología y el estudio de la ciencia.

Finalmente, en la ciencia contemporánea, la actividad cognoscitiva cambia mucho y se hace más compleja a causa de la división del trabajo.

3. La división del trabajo en la ciencia contemporánea. Experimentadores y teóricos

En la ciencia la división del trabajo se realiza en varias direcciones. Junto a las colectivi-

---

del primer congreso internacional de biofísica", Moscú, 1964.

dades de investigación científica dedicadas a la resolución de problemas fundamentales, a la búsqueda de nuevas orientaciones y métodos, desempeñan un importante papel grupos de científicos consagrados a las investigaciones aplicadas (institutos industriales especializados, laboratorios de empresas, fábricas experimentales, etc.); también se destacan grupos especiales de científicos y de ingenieros ocupados especialmente en la elaboración de nuevos medios materiales de conocimiento, y, finalmente, experimentadores y teóricos.

La división del trabajo entre los experimentadores y los teóricos se halla ante todo determinada por el carácter de los objetos estudiados. La física cuántica, la biología molecular y submolecular, varias ramas de la química y de otras ciencias se ocupan de objetos sumamente específicos. Su descubrimiento y su estudio requiere no sólo especiales medios materiales de conocimiento, sino, además, esfuerzos colosales por parte de los investigadores. En la meticulosa planificación y realización de las observaciones, de las mediciones y de los experimentos se va mucho tiempo. En estos casos, el estudio empírico se convierte en una especie singular de actividad cognoscitiva, que exige una preparación muy especializada y corre a cargo de grandes grupos de investigadores. He aquí por qué la resolución de tareas cognoscitivas empíricas se convierte en una especie, hasta cierto punto independiente, de actividad científica de investigación. Ello hace que aumente la atención de los investigadores por los métodos empíricos de conocimiento y por las peculiarida-

des de los conocimientos empíricos, por las exigencias que han de satisfacer los hechos que se introducen en la ciencia, por los criterios de la exactitud empírica.

La complejidad de los objetos en los niveles atómico-molecular, subatómico y subnuclear determina en gran medida el cambio del papel de la teoría en el desarrollo de la ciencia. En la física cuántica y en otras teorías que estudian el micromundo, hay objetos que de ningún modo pueden descubrirse independientemente de las teorías. La "función exploratoria" de las teorías y de las hipótesis resulta a veces decisiva. Por esto cada día es mayor la atención que se presta a las exigencias que la teoría y la hipótesis han de satisfacer para cumplir semejante función. Ese interés se halla tanto más justificado cuanto que en el estudio del micromundo aumenta el peligro de los razonamientos especulativos sobre los objetos no observables directamente, a los que pueden "asignarse" características y dependencias inexistentes. En este campo, la eficacia y la ulterior profesionalización dependen directamente de la aptitud para crear y modificar teorías e hipótesis, del conocimiento que se tenga de las exigencias que unas y otras han de satisfacer. Así se explica que poco a poco se vayan destacando grupos de investigadores —de teóricos— especialmente ocupados en la elaboración de teorías e hipótesis.

Antes, muchos científicos insignes unían en una sola persona al teórico y al investigador (Lomonósov, Lavoisier, Faraday, Helmholtz, Maxwell,

Kelvin, Séchenov y otros). En la ciencia contemporánea no son pocos asimismo los científicos que desempeñan un destacado papel tanto en las investigaciones experimentales como en las teóricas (Pávlov, Planck, Rutherford y otros). Semejante coincidencia, no obstante, cada vez resulta más difícil. Las investigaciones teóricas constituyen un "sector" que determina en gran parte el estudio empírico y la búsqueda de métodos efectivos para la aplicación práctica de los conocimientos científicos.

El "sector teórico" se compone de problemas científicos formulados con exactitud y sólo tanteados, del estudio de vías, métodos y medios para la resolución de dichos problemas; en él desempeñan un importante papel la presentación y la elaboración de ideas e hipótesis originales, así como el análisis crítico de las soluciones propuestas. A ese mismo sector pertenecen la concordancia de dos o varias teorías con el fin de construir otra más amplia, la fundamentación lógica de unos sistemas de conocimientos por medio de otros, la unificación de teorías elaboradas, el estudio de las consecuencias posibles de tales o cuales experimentos y descubrimientos científicos para el ulterior progreso de la ciencia, etc. La solución de estas cuestiones requiere mucho trabajo y hábitos especiales: saber analizar sistemas de conocimientos, saber inferir conclusiones lógicas de hipótesis y teorías, saber construir modelos matemáticos, etc.

La diferenciación de teóricos y experimentadores es un índice indudable del progreso de la ciencia. Pero al mismo tiempo plantea nuevos

problemas y hace que surjan nuevas dificultades. En primer lugar resultan mucho más complejas las relaciones entre los teóricos y los experimentadores. Estos grupos de científicos resuelven tareas diferentes, se forman en ellos diferentes hábitos, intereses, criterios y estimaciones. A menudo esto da origen a incomprensiones recíprocas y a divergencias. En el Congreso internacional de biofísica celebrado en Estocolmo, K. Kol citó las palabras de un experimentador y las de un teórico acerca de las situaciones en que la teoría no concuerda con el experimento: "El físico experimentador Richtmayer, por ejemplo, dijo acerca de este particular: 'Si el experimento y la teoría no concuerdan, hemos de revisar la teoría, pues los experimentos son hechos'; pero literalmente unas semanas después, Kennard, hablando desde el punto de vista del teórico, y él lo es, declaró: 'Ustedes tienen que comprobar cuidadosamente el experimento que está en contradicción con la teoría. Ustedes saben cuán poderosa es la teoría, y por esto se ha de buscar el error en el experimento' " (14).

Los científicos experimentadores operan sobre todo con los propios objetos cognoscibles. Su tarea consiste en utilizar los medios de conocimiento, las teorías y las hipótesis para diferenciar y estudiar empíricamente los hechos. Los científicos teóricos operan fundamentalmente con los resultados obtenidos por los experimentadores (con hechos y con conocimientos empíricos). Por regla general, no participan directamente en la obten-

(14) Ibídem, pág. 87.

ción de semejantes resultados. Surge un tipo de relaciones completamente nuevo de unos grupos de científicos con los productos de la actividad cognoscitiva de otros grupos de científicos.

¿En qué condiciones, sin embargo, experimentadores y teóricos pueden encontrar un lenguaje común? Este problema afecta no sólo a la preparación profesional de los investigadores, sino, además, a su preparación lógico-metodológica. Forman una importante condición de la comprensión mutua el estudio y el conocimiento de las exigencias que es indispensable presentar a las tareas cognoscitivas empíricas y teóricas en la investigación científica. Las divergencias entre teóricos y experimentadores no surgen tan sólo como resultado de la complejidad y de la independencia relativa de las tareas cognoscitivas que se resuelven, sino, además, porque no se observan las exigencias aludidas.

La división del trabajo, en la ciencia contemporánea, cambia de manera esencial el lugar y el papel de la metodología y de la lógica de la ciencia. A medida que se desarrollaban las ciencias naturales clásicas, fue adquiriendo cuerpo la idea de que la filosofía se ocupa sobre todo de los principios básicos o últimos que explican el proceso del conocimiento. La actividad cognoscitiva en la ciencia y sus resultados se valoraban desde el punto de vista de dichos principios, mas por regla general no se sometían a un estudio objetivo sistemático. Actualmente, las investigaciones lógico-metodológicas se convierten en una zona muy importante de la división del trabajo en la ciencia.

Resultan de gran importancia para la actividad de investigación los hábitos y las capacidades de cada investigador. Sin embargo, no siempre es posible sustituir por estas valiosas cualidades el conocimiento de las dependencias entre los medios y métodos de conocimiento que se utilizan, por una parte, y los resultados obtenidos por otra. Se necesitan, al respecto, investigaciones especiales; la metodología y la lógica hacen estas dependencias objeto de estudio sistemático. Los conocimientos que en estas ciencias se obtienen se convierten en premisa necesaria de la actividad cognoscitiva de los investigadores.

Los principios desde cuyo punto de vista se organiza la actividad cognoscitiva en la ciencia y se interpretan los resultados obtenidos, no deben aceptarse por razones intuitivas. Pueden dar origen a representaciones equivocadas. Por ejemplo, los principios de continuidad y de homogeneidad obligaron a los investigadores a pensar "de qué modo podía introducirse, con mayores o menores esfuerzos, un nuevo elemento extraño en el marco de las teorías comúnmente admitidas..."(15) cómo fundamentar la continuidad lógica entre teorías diferentes. A esta manera de proceder para construir teorías y concordarlas entre sí hubo que renunciar. Entre las teorías no existe una continuidad lógica, y esto se sigue del reconocimiento de formas, cualitativamente diferentes, del movimiento de la materia. Cada teoría se construye

(15) *M. Planck*, "Nacimiento y desarrollo gradual de la teoría de los quanta". "Unidad de la imagen física del mundo", Moscú, 1966, pág. 150.

partiendo de fundamentos especiales, exactamente formulados, para explicar una zona objetual concreta.

También en la ciencia contemporánea se interpretan erróneamente algunos principios. Durante largo tiempo físicos y filósofos no soviéticos intentaron demostrar, por ejemplo, la aplicabilidad universal de la correlación de indeterminaciones. (Sabido es que W. Heisenberg la formuló en calidad de principio especial para estudiar y explicar el impulso y las coordenadas de las micropartículas en la mecánica cuántica). Investigaciones circunstanciadas han demostrado que la correlación de indeterminaciones no se extiende a numerosas características de las micropartículas: a la carga eléctrica, al momento magnético, al espín, a la masa, etc. Equivocadas eran las tentativas de utilizar ese principio para impugnar las dependencias causales en el micromundo, para fundamentar el "libre albedrío" del electrón, etc.

No son pocos los problemas que surgen también al poner en concordancia las tareas cognoscitivas empíricas y las teóricas. Los teóricos pueden resolver tareas no vinculadas directamente al estudio empírico de los objetos. Por ejemplo, puede ser necesario armonizar dos o más teorías para el desarrollo de sistemas teóricos, pero no para estudiar una determinada zona objetual. Los resultados de esa actividad de los científicos no pueden confrontarse directamente con los hechos obtenidos por los experimentadores. Se necesitan, para ello, otros criterios, basados en la metodo-

logía y en la lógica de la ciencia. Esos criterios tienen en cuenta las orientaciones fundamentales de las investigaciones teóricas en la ciencia, las necesidades del estudio lógico-metodológico de los sistemas científicos de conocimientos y del lenguaje de la ciencia, la utilización, con ese fin, de métodos ya conocidos o la formación de métodos nuevos, etc.

La lógica y la metodología de la ciencia estudian sistemáticamente los conocimientos científicos y elaboran métodos especiales para analizarlos [16]. Los investigadores han de conocer esos métodos y han de aplicarlos con eficacia para resolver tareas de distinto género que surgen en la investigación científica. Los métodos indicados empiezan a resultar de gran trascendencia para ordenar, conservar y utilizar el flujo creciente de información científica.

El estudio del carácter de los cambios en la actividad cognoscitiva resulta muy importante para comprender las direcciones y perspectivas del desarrollo de la ciencia. La lógica y la metodología proporcionan conocimientos necesarios para cada investigador. Le ayudan a reestructurar hábitos y representaciones formados bajo la acción de la

---

(16) Ver *A. A. Zinóviev*, "Fundamentos de la teoría lógica del saber", Moscú, 1968; *P. V. Kopnin*, "Fundamentos lógicos de la ciencia", Kíev, 1968; "Estructura lógica del conocimiento científico", Moscú, 1965; "Problemas de la lógica del conocimiento científico", Moscú, 1964; "La lógica y la metodología de la ciencia", Moscú, 1967; *A. I. Rakitov*, "Ciclo de conferencias sobre lógica de la ciencia", Moscú, 1971.

experiencia anterior del trabajo de investigación científica.

Finalmente han de tenerse en cuenta, necesariamente, todas las circunstancias arriba enumeradas al preparar a los científicos. Y en esta labor, la metodología y la lógica desempeñan un importante papel.

4. La preparación del personal científico, hoy

El carácter y las dimensiones de la preparación del personal científico (investigadores, teóricos, etc.) cambian históricamente a medida que se va desarrollando la ciencia y se hacen más complejas sus funciones sociales. En las sociedades esclavista y feudal, la actividad cognoscitiva de las personas doctas estaba relacionada ante todo con los aspectos de la actividad social que realizaban las propias clases dominantes y que eran inaccesibles a los esclavos y a los siervos de la gleba. Incumbía a los sacerdotes egipcios, por ejemplo, el registro de las posesiones territoriales y la demarcación de las parcelas de cultivo después de cada desbordamiento del Nilo; para ello se necesitaban conocimientos matemáticos. La agricultura y la navegación les indujeron a estudiar objetos astronómicos, que en aquellas condiciones constituían el mejor punto de referencia para determinar el tiempo de los desbordamientos del Nilo y de las diversas faenas agrícolas.

En la Grecia y en la Roma antiguas, clásicos estados esclavistas, la actividad cognoscitiva de los

científicos también se orientaba ante todo hacia las esferas en que se concentraban los intereses económicos y políticos de los esclavistas: la construcción de ciudades, la navegación y la guerra. Empezaron las investigaciones sistemáticas en matemáticas, mecánica, geografía y ciencias naturales descriptivas. Estimularon vivamente las investigaciones científicas las necesidades militares de los esclavistas griegos y romanos. El nivel técnico de la producción de armas de guerra era sensiblemente más elevado que el de las otras ramas productivas. En la construcción de máquinas de guerra comenzaron a utilizarse las leyes más simples de la mecánica, las fuerzas de la elasticidad y otros descubrimientos de aquella época.

En la Edad Media, las investigaciones científicas se desarrollaron con extrema lentitud. Se concentraban fundamentalmente en los monasterios y en las iglesias. El imperio de la concepción religiosa del mundo impedía el desarrollo de la ciencia. La reglamentación religiosa llegaba a todas las esferas de la vida espiritual de la sociedad. Ninguna investigación científica, ni por su método ni por sus resultados, debía estar en contradicción con los dogmas de la iglesia. Por otra parte, ni los feudales ni los representantes del estamento eclesiástico podían ver en la agricultura rutinaria y en la producción artesanal, una esfera de aplicación de conocimientos ni, por consiguiente, un campo de actividades que necesitara de una investigación especial.

Otra era la actitud respecto al estudio de los

fenómenos sociales. Las clases dominantes veían su destino y su justificación histórica en la asunción del trabajo intelectual en la sociedad. Ahora bien, a medida que se formaban y se desarrollaban las distintas funciones de la labor intelectual se empezaron a ver contradicciones en los sistemas de las relaciones sociales basados en el dominio de unas clases y en la subordinación de otras. El nacimiento de las clases y de su lucha ponía de manifiesto que por encima de las personas no sólo se encontraban fuerzas naturales, sino, además, fuerzas sociales que actuaban también coercitivamente, como las primeras. En aquella época histórica, esto fue un importante descubrimiento científico. Se empezó a diferenciar y a estudiar los fenómenos sociales. Se formaron ciencias que trataban de la sociedad.

En las sociedades esclavista y feudal. el estudio de los fenómenos sociales se hallaba vinculado ante todo a los intereses de las clases dominantes. No se trataba sólo de que era imposible ignorar la división de la sociedad en clases y sus posiciones económico-sociales recíprocamente opuestas. La misma actividad cognoscitiva se fue concibiendo poco a poco como una función muy importante de los representantes de las clases que dominan: era imposible cumplirla haciendo caso omiso de los intereses de su clase, de la misión de defender, con los medios de la ciencia, sus privilegios sociales. Los investigadores de los fenómenos sociales tenían que buscar respuesta a las cuestiones que surgían en el curso del desarrollo social: cómo influir en la conducta de

las clases sometidas, cómo gobernar la sociedad dividida en clases opuestas recíprocamente, etc. Las tareas económico-sociales de las clases dominantes se convirtieron en el objeto principal de las investigaciones sociales; la resolución de esas tareas resulta ser la principal esfera de aplicación de los conocimientos obtenidos.

Todas estas circunstancias influyeron poderosamente en el desarrollo de la ciencia en las sociedades esclavista y feudal, en el carácter que tuvo la preparación de grupos especiales de individuos dedicados a las investigaciones científicas. Por regla general, esos individuos no recibían ninguna preparación singular orientada hacia el estudio de la naturaleza. La máxima atención se prestaba al estudio de los fenómenos sociales. Por esto ya en la Grecia Antigua se instituyeron escuelas para preparar a personas capaces de comprender y de explicar la vida de la sociedad (por ejemplo, las escuelas de Sócrates, de Platón, etc.) En la Edad Media toda la ciencia estuvo subordinada a la tarea de fundamentar la concepción religiosa del mundo, motivo por el cual se preparaba a los sacerdotes para interpretar los fenómenos de la vida social.

El carácter y las proporciones de la preparación del personal científico cambian de manera esencial en la sociedad capitalista. El modo capitalista de producción se afirma y se desarrolla utilizando medios mecánicos de trabajo. Ello hace que en la producción material, cambien radicalmente los procedimientos con que se elaboran y se utilizan las sustancias y las fuerzas de la naturaleza. La utilización consciente de estas fuer-

zas va sustituyendo poco a poco la fuerza física del hombre.

Con la aparición de los medios mecánicos de trabajo resultó posible intensificar la producción material no sólo a costa de la energía física y del virtuosismo del trabajador. Se abría una fuente de intensificación completamente nueva: la introducción y el perfeccionamiento de las máquinas. Para ello, no obstante, había que buscar nuevas vías y formas en la utilización de las fuerzas y sustancias de la naturaleza. Era indispensable estudiarlas sistemáticamente. La construcción y la aplicación de máquinas empezó a depender cada vez más del carácter y del volumen de los conocimientos que acerca de la naturaleza se tenían. Surgieron estímulos, antes desconocidos, para el desarrollo de las ciencias naturales. El modo capitalista de producción cambia el papel de la ciencia en la sociedad y los ritmos de su desarrollo. Al mismo tiempo consolida la separación de la ciencia respecto a los trabajadores y la obliga a ponerse ante todo al servicio de los intereses del capital.

Los capitalistas empiezan a interesarse muy en serio por el desarrollo de la ciencia y por los resultados de las investigaciones científicas. Aplauden la creación de sociedades científicas y la edición de revistas y libros sobre mecánica, química, astronomía, botánica, agronomía, etc. Se fundan, con su apoyo, academias estatales que unen a las asociaciones de científicos. Las apetencias coloniales de la burguesía estimulan formas de actividad científica como expediciones especiales: geográficas, botánicas, etc. Empieza a dedi-

carse mucha atención a la preparación de investigadores. Se crean universidades y luego diversos institutos especializados.

En la época de lucha encarnizada contra el dominio económico y político de los señores feudales, la burguesía también necesitaba que las ciencias sociales se desarrollaran. Debía disponer de una nueva ideología. Para crearla, recurrió conscientemente a la ciencia. Necesitaba argumentos contra la concepción religiosa del mundo, contra las tradiciones estamentales del feudalismo.La burguesía impulsaba las investigaciones sociales, estimulaba la elaboración de nuevas teorías que pudieran utilizarse para criticar las relaciones feudales de producción.

En aquella época contribuyó en gran manera a luchar contra el feudalismo la economía política. Para afirmar el dominio de la burguesía, había que estudiar la estructura económica de la sociedad burguesa. Al capitalista le convenía conocer los procesos económicos en que debía actuar todos los días y que se convertían en condición de su actividad. Aumentaba su interés en fundamentar los métodos más productivos de explotación, en descubrir nuevas fuentes de plusvalía. Los capitalistas veían en la economía política un arma de lucha contra el régimen antiguo y un medio para explicar las ventajas del modo capitalista de producción social en comparación con el feudalismo. La historia, las ciencias jurídicas y políticas y la filosofía se convirtieron en campo de porfiada lucha ideológica. Se imprimió un extraordinario impulso a la preparación de indivi-

duos capaces de llevar a cabo diversas investigaciones sociales, de desarrollar las ciencias sociales y de defender el nuevo régimen.

En los siglos XVII-XIX, el desarrolo de la ciencia fue obra, sobre todo, de individuos y de pequeños grupos de científicos. En esa época, no obstante, ya se empezaron a estudiar las vías y los métodos más racionales para preparar al personal científico. El desarrollo de la ciencia contemporánea corre a cargo de grandes colectividades de personas. A su preparación se dedican ingentes recursos. El estudio de la eficacia de tales colectividades consagradas a la investigación científica se convierte en un importante problema. La eficiencia de esta actividad depende de los fines sociales que se señalan a los científicos y a sus grupos, de su libertad en el planteamiento y en la resolución de problemas socialmente importantes, de los criterios para valorar los resultados de la investigación científica, de los planes y del financiamiento de las investigaciones, de cómo se doten con excelentes medios de conocimiento y de cómo se organice esa actividad. A la par de estos factores, desempeña un importante papel el carácter de la preparación de los científicos.

Vamos a detenernos brevemente en el examen de las principales direcciones de la preparación del personal científico:

1. Preparación especial. Su necesidad se comprendió hace ya mucho tiempo. En la ciencia contemporánea esta preparación desempeña un papel de singular importancia dado que las

ciencias siguen diferenciándose y el volumen de sus conocimientos aumenta en proporciones colosales. La preparación especial se divide en experimental y teórica. La primera estriba ante todo en la asimilación práctica de los medios materiales de conocimiento, en la elaboración de hábitos de experimentación, de observación y de medición, en la aptitud para anotar y comparar, utilizando diferentes métodos, los resultados.

La preparación teórica está orientada hacia el estudio y la asimilación del aparato conceptual de la ciencia, de los métodos de resolución de los problemas teóricos y hacia la formación de hábitos de control del proceso de razonamiento. También es de gran importancia conocer los enfoques, históricamente formados, con que se procede a la resolución de los problemas científicos.

En muchas ciencias (física, química, etc.) la preparación experimental y teórica posee un carácter relativamente independiente. Esto no significa, claro es, que estén separadas una de la otra. El teórico ha de saber imaginarse el experimento, ha de conocer sus posibilidades cognoscitivas, etc. El experimentador, a su vez, ha de comprender bien la razón teórica del experimento, ha de saber cómo se comprueban empíricamente las leyes, teorías e hipótesis. En caso contrario, el teórico y el experimentador no encontrarán un lenguaje común en la resolución de los problemas científicos ni, sobre todo, en la búsqueda de nuevos métodos de resolución.

En las condiciones en que se produce la actual revolución científica y técnica, la prepara-

ción especial de los científicos presenta nuevas dificultades. La diferenciación de las ciencias y la especialización que implica en el trabajo de investigación científica exigen que la atención se centre en dominar y desarrollar ramas particulares del saber. Especializarse con todo rigor es de suma importancia para que los investigadores alcancen una alta preparación profesional, y es premisa de la eficiencia de su trabajo. Por otra parte, la resolución de problemas complejos presupone la cooperación de especialistas que trabajen en diferentes ciencias. En tales casos, la especialización rigurosa puede convertirse en un obstáculo para la comprensión mutua. Con frecuencia el investigador se ve obligado a solicitar el consejo de los más diversos especialistas: el matemático, el lógico, el diseñador, el bibliógrafo, etc. Cuando esto ocurre, es muy importante formular con corrección científica la cuestión que interesa. También para ello la especialización rigurosa puede constituir un obstáculo. Por consiguiente, el científico debe poseer una preparación bastante amplia.

La ciencia no se desarrolla de manera uniforme. Así, durante los últimos 50-70 años, han alcanzado éxitos de singular relieve la física y algunas ramas de la química. La física contemporánea no sólo se caracteriza por una insólita riqueza de ideas originales, hipótesis y escuelas; en ella se ha elaborado una gran cantidad de teorías que se utilizan en distintas esferas de la producción material, se aplican en gran escala métodos e instrumental matemático para estudiar

objetos diversos y para la formulación de conocimientos. El estudio de la historia y de los resultados de la física y otras ciencias, de sus métodos e ideas, proporciona una visión más amplia del carácter y de las direcciones del progreso científico en general. Para alcanzar estos fines también hace falta una preparación bastante amplia de los científicos.

Esta preparación, por consiguiente, ha de partir del estado de la ciencia, cuyas perspectivas y tendencias de desarrollo se han de tener en cuenta. Por lo visto, también es necesario revisar los métodos de la preparación especial. Antes, hasta el siglo XX, se consideraba como más eficaz el método de la formación individual para la investigación científica. En la ciencia contemporánea se forman y se ensayan otros métodos. Verdad es que no siempre se logra aunar la preparación de una gran cantidad de investigadores con el control de su formación individual. Todas estas cuestiones esperan todavía su resolución.

2. Preparación matemática. Se propone facilitar la asimilación de los métodos y teorías matemáticos que se utilizan o pueden utilizarse en la investigación científica. En la ciencia contemporánea, el papel de las matemáticas aumenta sin cesar.

Hoy ya no basta poseer algunos hábitos en la aplicación del instrumental matemático. El investigador necesita mantenerse al corriente del desarrollo de las matemáticas y recurrir al concurso de los matemáticos para resolver ciertos problemas.

3. Preparación lógica. Se orienta hacia el estudio y asimilación del instrumental lógico que se utiliza en la ciencia. Sin los conocimientos correspondientes, es muy difícil comprender y asimilar algunos tipos de información científica. Constituyen un aspecto importante de la preparación lógica, el estudio y la asimilación de los métodos que se emplean en el análisis del lenguaje de la ciencia. La solución de muchos problemas requiere disponer de una gran cantidad de conocimientos así como aplicar teorías e hipótesis elaboradas en otras ciencias. La utilización indivisa o indiferenciada de estos conocimientos puede dar origen a imprecisiones y a errores. Los conocimientos científicos necesitan cada día más de un análisis cuyos métodos especiales se elaboran en la lógica.

4. Preparación filosófico-metodológica. Actualmente, esta preparación tiene un carácter muy amplio. Va desde la formación de la concepción del mundo del científico hasta el dominio de los problemas metodológicos concretos de gran peso en la investigación científica.

Fijémonos ante todo en el papel importante, y cada día mayor, de la preparación metodológica de los científicos. Destacaremos las cuestiones de más trascendencia para esa preparación:

a) qué exigencias se presentan a la investigación científica, a la utilización de los métodos de conocimiento elaborados en la ciencia;

b) cuál es el carácter de la dependencia en que se hallan, respecto a los medios y métodos

de conocimiento utilizados, los resultados obtenidos en la ciencia. En toda investigación ha de analizarse con sumo cuidado esta dependencia para el control de la actividad cognoscitiva;

c) cuáles son las posibilidades cognoscitivas de las sensaciones, de las percepciones, de las representaciones, así como de las formas lógicas del pensamiento: los conceptos, los juicios, los razonamientos, etc. En la investigación científica, todas las formas de actividad de la conciencia humana son objeto de control y comprobación. Su utilización sin espíritu crítico puede conducir a errores;

d) qué exigencias se presentan a la formulación de los problemas científicos, a la construcción de especies concretas de conocimientos científicos: descripciones, explicación de leyes, teoría e hipótesis. En la ciencia, no debe utilizarse ningún resultado sólo por razones intuitivas. El investigador necesita formular, y adoptar conscientemente, criterios teóricamente fundamentados, pautas y métodos de comprobación de los resultados obtenidos en el curso de su trabajo. En esto, precisamente, se refleja la diferencia esencial entre la actividad investigadora del científico y la actividad cognoscitiva empírica espontánea.

5. Preparación en historia de la ciencia y en el estudio de la ciencia como tal. En la ciencia, ninguna generación empieza ni debe empezar de nuevo. Los resultados precedentes se convierten en punto de partida para el ulterior desarrollo de los medios y métodos de conocimiento, sis-

temas de conocimientos, ideas, orientaciones y búsquedas. De ahí que la historia de la ciencia constituya una escuela necesaria en la preparación del personal científico. Lo más probable es que el estudio de los resultados precedentes de la ciencia deba centrarse sobre todo en: a) la historia del desarrollo de la actividad misma de investigación científica, de sus métodos, hábitos, premisas y condiciones, de su dependencia respecto a otros elementos del proceso científico del conocimiento; b) la historia de las ideas, de los problemas y de las hipótesis, así como de las escuelas y direcciones científicas; c) la historia del desarrollo de los sistemas científicos de conocimiento (de cómo nacieron, de sus cambios bajo la acción de nuevos métodos de comprobación y explicación, de nuevos criterios y pautas de exactitud y rigurosidad, etc.).

Es necesario insistir en que el dominio de la experiencia de las generaciones precedentes no puede reducirse al estudio de resultados preparados. La historia permite asimilar ideas y resultados obtenidos por los científicos del pasado, analizar los cambios habidos en el seno de la ciencia y del nacimiento de "puntos de crecimiento", así como penetrar en el laboratorio de creación de los clásicos de la ciencia.

En cuanto a la "ciencia de la ciencia", constituye una disciplina en la que la ciencia se ve como un fenómeno social singular. En el interior de la ciencia misma se van estableciendo históricamente diversas formas de organización de las investigaciones y del intercambio de los resultados

del trabajo de investigación, diversos métodos para planear y prever las direcciones de la investigación y de la preparación del personal científico, para determinar la eficiencia del trabajo de investigación científica, etc. Todo esto pasa a ser objeto de estudio especial y sistemático en el estudio de la ciencia. La preparación que facilita el estudio de la ciencia y de su historia permite examinar en qué sistemas de dependencias se incluye la actividad cognoscitiva de los investigadores, así como de qué modo estos sistemas influyen en la eficiencia de la labor de investigación científica y en las posibilidades sociales de la ciencia en general.

6. Preparación ética y moral. Su importancia se comprendió hace ya mucho tiempo. Las clases dominantes en las sociedades esclavista, feudal y capitalista se preocuparon de formar, lo correspondientes principios por que debían orientarse los científicos. Declararon que defender los privilegios de clase significa estar al servicio del progreso social, identificaron la responsabilidad de los científicos ante el Estado con la responsabilidad ante la ciencia, etc. Ello no obstante, en el transcurso del largo desarrollo de la ciencia y de los propios investigadores se han ido formando orientaciones especiales de carácter moral: búsqueda de hechos exactos, incluso si comporta ciertos peligros; obtención y defensa de la verdad como fin principal del conocimiento, independientemente de los dogmas religiosos o de otros principios cualesquiera impuestos desde fuera a la ciencia; respeto al trabajo del inves-

tigador por parte de sus colegas; delimitación de los resultados y éxitos propios respecto a los resultados y éxitos de los científicos precedentes y de los coetáneos; desprecio por todo cuanto signifique apropiarse los resultados del trabajo de otros investigadores, etc.

Entre las normas éticas formadas en la ciencia y la moral de las clases dominantes se han producido siempre choques y conflictos. Se han hecho singularmente graves en la sociedad capitalista. El influjo de la ciencia sobre los procesos sociales se incrementa sin cesar. La ciencia descubre posibilidades de crear nuevas condiciones para el trabajo humano y para la vida del hombre en general. Sin embargo, las clases dominantes tienden a utilizarla con fines antihumanos. Orientan los esfuerzos de los investigadores hacia la creación de medios más poderosos de destrucción en masa de seres humanos y de valores culturales creados en el transcurso de la historia. A ello se dedican medios materiales ingentes. "...El noble papel de la ciencia como instrumento de desarrollo de la sociedad humana", como "gran elemento creador en la nueva cultura universal" se ha encontrado "bajo un serio interrogante" [17]. A quién sirve el trabajo de los investigadores y cómo le sirve, qué grupos sociales utilizan los descubrimientos científico-técnicos y con qué fines: éstas son cuestiones que hoy ningún

(17) C. *Powell*, "Esperanzas y problemas de la ciencia contemporánea", "El futuro de la ciencia", Moscú, 1970, págs. 58-59.

investigador puede eludir. La indiferencia o la falta de atención por las consecuencias sociales de los descubrimientos y de los inventos científicos se convierten en un crimen. Es imposible encubrir la irresponsabilidad social con la responsabilidad ante la ciencia, ante la verdad o las tradiciones científicas. No basta limitarse a observar las orientaciones morales formadas en la historia de la ciencia. Se necesita una teoría ética que enlace estas orientaciones con las tendencias progresivas de los grupos sociales.

Los grupos sociales dominantes procuran aplastar la conciencia de los científicos y debilitar su sentido de responsabilidad social. Apoyan enérgicamente las ideas que oponen la preparación filosófica, científica e intelectual a las normas y a los principios ético-morales. Cultivan entre los científicos, por vías distintas, sentimientos de exclusividad y de casta; presentan la incomunicación espiritual y el aislamiento ante las búsquedas sociales contemporáneas, las contradicciones y la lucha de clases en la sociedad capitalista como condición necesaria de los éxitos científicos de los investigadores.

En la sociedad socialista, la preparación ético-moral de los científicos persigue fines completamente distintos y se funda en otros principios. La construcción del socialismo es inseperable de la ciencia. Todos sus éxitos se hallan vinculados ante todo a la utilización y al desarrollo de la misma. La ciencia se convierte, en dicha sociedad, en medio para resolver los problemas sociales. La actividad de los científicos y de las colectividades

de investigadores se orienta conscientemente hacia el mejoramiento de las condiciones de trabajo, hacia la prolongación de la vida humana, hacia el establecimiento de relaciones que excluyan la desigualdad social. No hay que ocultar ni de los investigadores ni de las clases trabajadoras esos fines humanos. La preparación moral de los hombres de ciencia, en la sociedad socialista, se dirige hacia la formación de esos fines elevados como parte, necesaria de la concepción del mundo. Esos, fines no cohiben la actividad cognoscitiva de los investigadores, no están en contradicción con las normas históricamente configuradas en las colectividades científicas. La sociedad socialista exige que los investigadores sirvan con los medios de la ciencia, a nobles fines sociales. Mas para ello hay que desarrollar la ciencia, hay que luchar por la verdad, hay que delimitar los conocimientos científicos y las representaciones subjetivas de distinto cuño. Es en esto, precisamente, en lo que el espíritu de partido marxista coincide con el espíritu científico y se convierte en elevada exigencia ética.

La filosofía marxista fundamenta la honda conexión entre las normas morales y las orientaciones gnoseológicas de la ciencia. En la manera de comprender esta conexión se manifiesta y se comprueba la madurez del investigador. La ética del científico exige no exaltar ni apoyar conclusiones, hechos y soluciones que no estén comprobados ni fundamentados. Estas normas concuerdan por completo con las exigencias de la gnoseología. Desde el punto de vista de la

gnoscología marxista, ninguna seguridad subjetiva puede sustituir o anular los criterios lógico-metodológicos —verdad objetiva, exactitud, carácter concreto, etc.— de los resultados, cualesquiera que sean, del trabajo de investigación científica. Por el contrario, su utilización y la observación rigurosa de las exigencias que de ellos se derivan han de figurar en la base de la verdadera seguridad del científico.

INDICE

INTRODUCCIÓN 7

CAPÍTULO I

LA CIENCIA EN EL MUNDO CONTEMPORÁNEO 15

1 Observaciones sobre el carácter y las consecuencias de la actual revolución científico - técnica 15

2 Los ritmos de desarrollo de la ciencia contemporánea 26

3 El potencial de la ciencia 30

4 ¿Por qué es necesario dirigir el desarrollo de la ciencia? 33

CAPÍTULO II

EL PROCESO EMPÍRICO ESPONTÁNEO Y EL PROCESO CIENTÍFICO DEL CONOCIMIENTO 45

1 Distintas maneras de enfocar el problema 45

2 El proceso del trabajo y la actividad cognoscitiva del hombre 50

3 El proceso empírico espontáneo del conocimiento 53

4. La ciencia, forma especial del proceso del conocimiento 60

CAPÍTULO III

LA ACTIVIDAD COGNOSCITIVA EN LA CIENCIA 69

1. La actividad cognoscitiva en la ciencia como objeto especial de investigación .. 69
2. La actividad cognoscitiva en la ciencia y en el proceso empírico espontáneo del conocimiento 75
3. Tareas cognoscitivas de la investigación científica 94
4. La investigación científica y el razonamiento especulativo 123

CAPÍTULO IV

EL PAPEL COGNOSCITIVO DE LA METODOLOGÍA Y DE LA LÓGICA EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA 141

1. Observaciones críticas a una concepción errónea 142
2. Las acciones cognoscitivas del investigador y los medios de conocimiento 159
3. Los datos sensoriales y los hechos en la investigación científica 199
4. Los hechos y las hipótesis 213
5. La dialéctica materialista y los problemas de la metodología de la ciencia 231

CAPÍTULO V

EL INVESTIGADOR EN LOS DECUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS 245

1 ¿Puede la máquina sustituir al investigador? 245

2 Particularidades de la actividad cognoscitiva en la ciencia contemporánea 261

3 La división del trabajo en la ciencia contemporánea. Experimentadores y teóricos 267

4 La preparación del personal científico, hoy 276

COLECCIÓN "EL PENSAMIENTO"

TÍTULOS PUBLICADOS

SOCIOLOGÍA DE LA PERSONALIDAD, por I. S. Kon
NATURALEZA DE LA INFORMACIÓN, por A. D. Ursul
PSIQUE E INTUICIÓN, por I. A. Ponomariov
LA TEORÍA DEL REFLEJO Y LA ACTIVIDAD CREADORA, por A. M. Korshunov
LA SEMIÓTICA Y SUS PROBLEMAS FUNDAMENTALES, por A. A. Vetrov
LA HEURÍSTICA, CIENCIA DEL PENSAMIENTO CREADOR, por V. N. Pushkin
CONOCIMIENTO Y LIBERTAD, por I. V. Bichko
LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, por I. G. Guerásimov

PRÓXIMAMENTE APARECERÁN

NATURALEZA DE LA VALORACIÓN ESTÉTICA, por L. N. Stolovich
LA FILOSOFÍA Y LA ESENCIA DEL HOMBRE, por B. T. Grigorian
LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD Y LA FILOSOFÍA, por E. Chudinov
EL ESPACIO Y EL TIEMPO EN EL MACRO, MEGA Y MICRO-MUNDO, por A. Mosteponenko
LA DIALÉCTICA COMO SISTEMA, por Z. Orudsev
EL ESTABLECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN SOCIAL, por D. Guriev
EL ARTE Y LA MORAL, por V.Tolstij
LA ACTIVIDAD DEL HOMBRE, por M. Kagan
LA DIALÉCTICA COMO LÓGICA Y METODOLOGÍA DE LAS CIENCIAS, por Stoliarov
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS Y EL HOMBRE FUTURO, por Frolov
EL PENSAMIENTO COMO CREACIÓN, por Biler